



В.Н.Белоусов, С.Н.Смородин, В.Ю.Лакомкин

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO₂)



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Санкт-Петербург
2014**

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ»**

В.Н.Белоусов, С.Н.Сморозин, В.Ю.Лакомкин

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO₂)

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2014**

УДК 628.474.76.003.1(075)
ББК 31.19я7
Б 438

Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Лакомкин В.Ю. Энергосбережение и выбросы парниковых газов (CO₂): учебное пособие/ СПбГТУРП.– СПб., 2014. – 52 с. – ISBN 978-5-91646-071-1

В учебном пособии рассматриваются вопросы энергосбережения как инструмента для сокращения потребления энергии и снижения выбросов парниковых газов. Приведен анализ мероприятий по энергосбережению в жилом секторе и в энергетике. Представлена методика расчета выбросов парниковых газов.

Учебное пособие предназначено для преподавателей и специалистов, занимающихся вопросами энергосбережения и энергоэффективности в учреждениях образования и на предприятиях; для студентов среднего и высшего профессионального образования, обучающихся по направлениям «Экономика», «Менеджмент», «Теплоэнергетика и теплотехника», «Архитектура», «Строительство» и др.

Мнение авторов не обязательно отражает точку зрения ПРООН, других учреждений системы ООН и организаций, сотрудниками которых они являются.

Рецензенты:

зав. кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, канд. техн. наук, доц. П.Н.Коновалов;

руководитель отдела энергоаудита промышленных предприятий ООО «ГЦЭ-ЭНЕРГО» П.К.Горелов.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

ISBN 978-5-91646-071-1

© Программа развития ООН (ПРООН), 2014
© Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, 2014
© Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Лакомкин В.Ю., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Парниковый эффект	7
2. Энергосбережение как инструмент сокращения потребления энергии и снижения выбросов парниковых газов	12
2.1. Меры повышения энергоэффективности зданий.....	14
2.1.1. Капитальный ремонт жилых зданий.....	15
2.1.2. Теплоизоляция существующих жилых зданий	16
2.1.3. Установка приборов учета и регулирования тепла и горячего водоснабжения в жилых зданиях.....	17
2.1.4. Введение более строгих строительных норм для новых жилых зданий.....	17
2.1.5. Улучшение термоизоляции и модернизация существующих нежилых зданий.....	18
2.1.6. Строительство более энергоэффективных новых нежилых зданий... ..	19
2.1.7. Использование современных энергоэффективных систем освещения	19
2.1.8. Использование современной бытовой и офисной техники.....	20
2.2. Меры в секторе энергетики	21
2.2.1. Модернизация энергетического хозяйства, включая теплосети и ЛЭП.....	21
2.2.2. Сокращение объемов сжигания попутного нефтяного газа в факелах	24
2.2.3. Снижение утечек метана в газотранспортной системе.....	26
2.2.4. Ускоренное развитие возобновляемых источников энергии.....	27
2.3. Меры в транспортном секторе	28
2.3.1. Повышение эффективности транспортной системы.....	30
2.3.2. Использование более экономичных и экологически чистых автомобилей.....	31
2.4. Меры в секторе обращения с отходами	32
2.4.1. Раздельный сбор отходов и их утилизация.....	33
2.5. Долгосрочные меры на будущее.....	33
2.5.1. Переход к экологически устойчивому ведению лесного хозяйства... ..	33
2.5.2. Введение эффективных платежей за выбросы парниковых газов	35
3. Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию	36
4. Послесловие	41
Контрольные вопросы.....	44
Методические указания по расчету выбросов парниковых газов.....	45
Библиографический список.....	51

ВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших факторов, определяющих уровень экономического развития общества, является уровень использования и количество потребляемой энергии на душу населения. Лидерами по этому показателю являются: Норвегия – 28 тыс. кВт·ч/год, Канада – 19 тыс. кВт·ч/год, Швеция – 17 тыс. кВт·ч/год. Процессы преобразования первичной энергии связывают между собой экономические, социальные и экологические показатели. Социальный уровень жизни определяется количеством энергии, потребляемой человеком, т.е. качество жизни непосредственно зависит от объёма вырабатываемой энергии. Основными первичными источниками энергии в настоящее время являются нефть, газ и уголь, поскольку более 85 % энергии в мире вырабатывается на тепловых электростанциях.

Традиционные способы выработки тепло- и электроэнергии в котельных и на ТЭС, базирующиеся на сжигании ископаемого топлива, а также использование органического топлива в подавляющем большинстве технологических установок сопряжены с разносторонним локальным и глобальным *воздействием на окружающую среду*:

- выбросом в атмосферу вредных веществ;
- сбросом минерализованных и нагретых вод;
- потреблением в значительных количествах кислорода и воды;
- изъятием больших площадей земли для захоронения отходов (шлака, золы) и др. [8].

Это воздействие способствует возникновению *парникового эффекта*, обуславливающего повышение планетарной температуры, является причиной закисления почвы и воды, провоцирует другие необратимые процессы. Кроме того, органическое топливо – это невозполнимые (невозобновляемые) источники энергии, поскольку темпы их потребления в настоящее время значительно превышают скорость образования (возобновления).

В результате антропогенной деятельности человечества за последние 40-50 лет планетарная температура поднялась на 0,6-0,7 °С и является наиболее высокой за последние 600 лет. Средний уровень океанов поднялся на протяжении последнего столетия на 10-15 см. За этот же период отступили все зарегистрированные горные ледники.

Учёные констатируют усиление тенденции к потеплению климата. Средняя температура на планете к 2020 г. может повыситься на 1,3-1,5 °С. Спектр пагубных тенденций может быть очень широким: от повышения уровня Мирового океана на 30-100 см до изменения климатических систем перераспределения осадков.

Современные технологии оказывают негативное воздействие не только на климат, флору, фауну, но и на здоровье людей. Согласно исследованиям, проведённым и опубликованным в 1997 г., воздействие продуктов сгорания только твёрдого топлива (главным образом, оксидов азота и серы) в период

до 2020 г. может обернуться ежегодной смертью 700 тыс. человек, вызванной онкологическими заболеваниями. Сокращение же выбросов на 10-15 % спасло бы жизнь 8 млн человек.

Следовательно, обеспечивая повышение жизненного уровня населения, государство должно стремиться к разработке таких предметов потребления и технологий их производства, которые при снижении потребления энергии обеспечивали бы необходимые высокие качества производимой продукции и уменьшали вредное воздействие на окружающую среду.

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является *автотранспорт*, на долю которого приходится 96 % всех продуктов переработки нефти. Выхлопные газы двигателя внутреннего сгорания содержат около 100 вредных для здоровья человека веществ, в том числе высокотоксичные оксиды азота, оксид углерода (продукт химического недожога топлива). Продукт полного сгорания топлива – диоксид углерода, или углекислый газ CO_2 , являясь, в принципе нетоксичным веществом, тем не менее оказывает пагубное воздействие на климатические изменения на планете.

В среднем, каждый автомобиль выбрасывает около 1 т вредных веществ в год [8]. Наряду с этим, автомобиль – один из самых крупных источников шума и вибрации, что снижает комфорт в среде обитания человека.

Кроме того, выбросы автомобилей, промышленных предприятий и угольных ТЭС содержат мельчайшие частицы размером менее 25 μ , которые, проникая в лёгкие и другие ткани, вызывают воспаление и формирование тромбов, провоцирующих сердечные приступы, инфаркт и стенокардию.

Автомобиль, являющийся одним из символов развития современной цивилизации, принёс людям не только благо, но и стал средством пагубного воздействия на окружающую среду. В настоящее время в мире эксплуатируется более 1 млрд автомобилей, которые ежегодно потребляют свыше 1,5 млрд т моторных топлив, что оказывает ощутимую экологическую нагрузку на окружающую среду и человека. В связи с этим во многих странах ведётся серьёзная работа не только по снижению расхода топлива на 100 км пробега, но и по использованию для автомобилей вместо бензина в качестве топлива альтернативных источников энергии, в том числе газа, водорода, электроэнергии и энергии солнца.

Мировое сообщество ещё в середине 70-х годов XX в. осознало необходимость принятия конкретных мер по снижению воздействия на климат, в результате чего были приняты следующие законодательные акты:

- 1978 г. – Климатическая программа в США;
- 1979 г. – на Всемирной климатической конференции в Женеве заложены основы Всемирной климатической программы;
- 1988 г. – Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (UNEP) учреждена Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК);

– 9 мая 1992 г. в Нью-Йорке в соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН об охране глобального климата в интересах нынешнего и будущего поколений принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК).

В связи с необходимостью изучения среды обитания человека в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась конференция с участием первых лиц 156 государств, которые подписали так называемую Рамочную конвенцию об изменении климата. Её результатом является межправительственный Протокол, подписанный в 1997 г. в японском городе Киото – поэтому он и был назван *Киотским протоколом*. Это первый в истории человечества случай, когда практически всё мировое сообщество (заметным исключением из этого списка являются США) подключилось к решению такой сложной научной задачи, как охрана окружающей среды.

По состоянию на сентябрь 2011 г. Протокол был ратифицирован 191 страной мира.

Цель – сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов (CO_2 , CH_4 , гидрофторуглеводороды, перфторуглеводороды, закись азота N_2O , SF_6) на 5,2 % в 2008-2012 гг. по сравнению с 1990 г.

Основные обязательства взяли на себя индустриальные страны:

- Евросоюз должен сократить выбросы на 8 %;
- Япония и Канада – на 6 %;
- страны Восточной Европы и Прибалтики – в среднем на 8 %;
- Россия и Украина – сохранить среднегодовые выбросы в 2008-2012 гг. на уровне 1990 г.

Президент РФ Владимир Путин подписал Киотский протокол 4 ноября 2004 г.

Благодаря этому документу темпы роста эмиссии диоксида углерода в атмосферу замедлились. Анализ перспективных структур мирового энергобаланса позволяет заключить, что пик этой эмиссии будет зафиксирован в течение ближайших 20-25 лет на уровне, не слишком отличающемся от современного. В настоящее время выбросы составляют около 7 млрд т в год, а ожидаемый пик по прогнозам составит примерно 9 млрд т в год.

Киотский протокол обязывал большинство промышленных стран мира к 2012 г. сократить свои объёмы выбросов ПГ в среднем на 5,2 % от уровня 1990 г. Тем не менее, не все страны справились с принятыми обязательствами. Наибольших успехов в снижении выбросов ПГ достигли страны Прибалтики (особенно Латвия), в то время как на противоположном полюсе «лидируют» Испания и Канада. Удивительно, но Испания входит в четвёрку стран, наиболее развитых в сфере освоения возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Что касается Канады, то в 2011 г. она вышла из Киотского протокола.

В декабре 2012 г. совместным решением представителей почти 200 стран действие Киотского протокола продлено до 2020 г.

Можно констатировать, что в сложившейся ситуации Киотский протокол устарел, хотя до 2020 г. может использоваться как локальный экономический инструмент, облегчающий участникам выполнение проектов по снижению выбросов ПГ. Поэтому в РКИК ООН готовится новое глобальное соглашение о снижении выбросов всеми крупными странами, прежде всего, развивающимися, на период с 2020 г. Подготовку этого соглашения намечено завершить в конце 2015 г. [6].

1. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

По мнению большинства специалистов, глобальное потепление является установленным научным фактом. Тем не менее, следует считаться и с противоположной точкой зрения, которая, безусловно, представляет интерес (см. Послесловие).

За последние 20-25 лет зафиксированное увеличение температуры составило 0,35 °С. По прогнозам специалистов, пик глобального потепления будет зафиксирован выше современного уровня на 1,5-2,0 °С примерно через 200 лет.

Основной причиной глобальных процессов, которые приводят к изменению климата на нашей планете, являются современные технологии, оказывающие негативное воздействие не только на климат, но и на здоровье людей при выбросе в атмосферу парниковых газов, обуславливающих возникновение парникового эффекта, который был описан ещё в начале XIX в.

Парниковый эффект – это свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию (ультрафиолетовое излучение) и частично задерживать земное (инфракрасное) излучение, тем самым, способствуя аккумуляции тепла Землей, средняя температура поверхности которой в настоящее время составляет около 15 °С. При данной температуре поверхность планеты и атмосфера находятся в тепловом равновесии.

До вмешательства человека в глобальные процессы Земли изменения, происходящие на её поверхности и в атмосфере, были связаны с содержанием в природе газов, которые и были названы «парниковыми».

К *парниковым газам* (ПГ) принято относить такие компоненты атмосферы естественного и антропогенного происхождения, которые поглощают и излучают радиацию в том же инфракрасном диапазоне, что и поверхность Земли, атмосфера и облака. К ним относятся: водяной пар (H_2O), диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), тропосферный озон (O_3) и некоторые другие, например, *антропогенные* хлорфторуглероды (ХФУ), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), шестифтористая сера (SF_6), которые под воздействием солнечного излучения распадаются, поставляя активные радикалы хлора, разрушающие озоновый слой. Без такого газового «покрывала», окутывающего Землю, температура

на её поверхности была бы ниже на 30-40 °С, что обусловило бы трудности существования живых организмов в таких условиях.

Углекислый газ (CO_2) является наиболее важным по влиянию на климат парниковым газом. Согласно докладу МГЭИК (Межправительственная группа экспертов ООН по изменению климата), после 1750 г. отмечается рост концентрации CO_2 в атмосфере на 35 %: с 280 ppm в 1750 г. до 379 ppm в 2005 г. [19].

Метан – второй по значимости после CO_2 парниковый газ, концентрация которого увеличилась с 715 ppb в доиндустриальный период до 1774 ppb в 2005 г., т.е. в 2,5 раза. В конце 1970-х и начале 1980-х гг. наблюдалась максимальная скорость роста концентрации метана в атмосфере – около 1 % в год [10]. Однако с начала 1990-х гг. она значительно уменьшилась. Несмотря на среднегодовое замедление роста концентрации метана за последние 15 лет, наблюдается его значительная межгодовая изменчивость, причины которой не совсем понятны и порой необъяснимы.

Концентрация *закиси азота* по сравнению с доиндустриальным периодом (270 ppb) увеличилась на 18 % и в 2005 г. составила 319 ppb. В течение последних десятилетий этот рост был примерно линейным и составлял 0,8 ppb/год. В настоящее время примерно 40 % N_2O поступает в атмосферу в результате хозяйственной деятельности (удобрения, животноводство, химическая промышленность), однако существует большая неопределенность в оценках эмиссии как от антропогенных, так и от природных источников. N_2O принадлежит важная роль в химии атмосферы, ибо этот газ является источником диоксида азота NO_2 , разрушающего стратосферный озон. В тропосфере NO_2 способствует образованию озона и в значительной степени определяет химический баланс [10].

Тропосферный озон оказывает как прямое влияние на климат через поглощение инфракрасного излучения Земли и ультрафиолетового излучения Солнца, так и через химические реакции, которые изменяют концентрации других парниковых газов, например, метана (тропосферный O_3 способствует образованию важного окислителя парниковых газов – радикала OH) [10].

На протяжении XXI в. в результате развития мировой экономики и роста населения (особенно в Юго-Восточной Азии, Центральной и Южной Америке, Африке) влияние тропосферного озона на климатическую систему будет оставаться значительным.

Водяной пар – важнейший естественный парниковый газ – вносит значительный вклад в парниковый эффект с сильной *положительной обратной связью*. Так, увеличение температуры воздуха вызывает рост влагосодержания атмосферы при примерном сохранении относительной влажности, что вызывает усиление парникового эффекта и тем самым способствует дальнейшему повышению температуры воздуха. Воздействие водяного пара также может проявляться увеличением облачности и изменением количества осадков. Вклад хозяйственной деятельности человека в эмиссию водяного пара незначителен и составляет менее 1 %. Водяной пар,

наряду со способностью поглощать радиацию практически во всем инфракрасном диапазоне, является источником образования ОН-радикалов, являющихся чрезвычайно активными окислителями и в значительной степени (несмотря на малые концентрации) определяющими химический состав тропосферы [10].

В результате техногенной деятельности человека изменяется общий баланс тепла, влаги и веществ в атмосфере Земли. Это касается, прежде всего, углекислого газа, содержание которого неуклонно растет, в связи с колоссальным ростом потребления углеводородного топлива. Примерно на 50 % парниковый эффект вызван углекислым газом, на долю ХФУ приходится 15-20 %, на долю метана – около 18 %.

Парниковые газы различаются «силой» воздействия своего парникового эффекта, а также длительностью присутствия в атмосфере. Для сравнения парникового воздействия различных газов вводится эквивалент: их эффект пересчитывается в эффект от наиболее распространённого парникового газа – углекислого газа CO_2 . Численные оценки выбросов всех парниковых газов даются в тоннах CO_2 эквивалента, получаемых в результате такого пересчета (обозначение – т CO_2 -экв).

Именно концентрация антропогенных парниковых газов (прежде всего, углекислого газа и метана) в атмосфере существенно изменилась в течение последнего столетия в результате деятельности человека, т.е. в век углеводородного топлива, что доказано изотопным и корреляционным анализами.

Конечно, вряд ли Земля может превратиться в Венеру или Марс (ведь и так уже поглощается порядка 90 % излучения), однако, если не предпринимать никаких мер, повышение средней температуры поверхности Земли на несколько градусов вполне возможно. А это уже грозит серьёзными последствиями: по оценкам специалистов, увеличение средней температуры поверхности Земли на 2 °C может привести к росту температуры в Арктике более чем на 5 °C, а диапазон колебаний, т.е. скачков температуры, может достигнуть 20 °C [6].

К технологическим процессам, приводящим к эмиссии парниковых газов, относятся:

- сжигание топлива – энергетика, обрабатывающая и строительная промышленность;
- добыча и транспортировка топлива – уголь, нефть и природный газ;
- промышленные технологии – горнодобывающая, химическая, металлургическая, производство и использование галогенизированных углеродных соединений;
- сельское хозяйство – интенсивная ферментация, хранение и использование навоза, производство риса и других сельскохозяйственных культур, управляемый пал травы;
- хранение и сжигание отходов, обработка сточных вод.

Основным загрязнителем атмосферы является CO_2 , образующийся в результате сжигания органического топлива при выработке электроэнергии и тепла. Евросоюз с населением 16 % от общего населения в мире является в настоящее время одним из основных загрязнителей атмосферы (26 %).

Среди стран мира самым крупным загрязнителем окружающей среды в начале XXI в. являлись США – 7,7 млн тонн CO_2 (более 20 % от суммарной общемировой эмиссии углекислого газа), Китай – 7,6 млн т, Россия – 6,2 млн т [8].

По относительным показателям эмиссии CO_2 (выбросы в тоннах на 1 МВт установленной электрической мощности ТЭС) крупнейшим загрязнителем воздуха можно считать Россию (80 т/МВт), затем следуют Индия и Великобритания (по 65 т/МВт), Китай (61 т/МВт). Наиболее низкие показатели в Германии и Японии – всего 7 т/МВт [8].

Одним из самых загрязнённых мегаполисов в мире является Пекин с его 21-миллионным населением. Основной причиной загрязнения являются промышленные предприятия, густо разбросанные по городу. Во многом способствует загрязнению Пекина и отопление домов углем.

В последние годы по «экологическим» причинам в Китае было закрыто 73 тыс. предприятий. К 2001 г. более 90 % из 238 тыс. производств, которым были предъявлены претензии со стороны государства, осуществили необходимые мероприятия по обеспечению экологической безопасности и стали соответствовать государственным экологическим стандартам. В результате за годы бурного экономического роста загрязнение окружающей среды удалось сократить на 10 % по сравнению с 1995 г. В первой декаде XXI в. Китай намерен был снижать количество вредных выбросов на 10 % ежегодно путём внедрения новых технологий и экологически чистых процессов производства [8].

Выброс парниковых газов зависит от вида сжигаемого топлива и содержания углерода и составляет примерно 1,4 кг на 1 кВт·ч. Наиболее высокие уровни выброса CO_2 имеют электростанции, работающие на угле.

Производство электроэнергии на основе безэмиссионных технологий в настоящее время связано со значительными материальными затратами, которые, в свою очередь, обуславливают повышенные энергозатраты, а значит, сопряжены с дополнительной эмиссией тех же парниковых газов.

Очевидно, что выбросы парниковых газов надо снижать. Встаёт закономерный вопрос: кто, где, когда и как? Почти как в популярном интеллектуальном телешоу «Что, где, когда?». В научных докладах самого различного уровня, в правительственных материалах различных стран и в межправительственных отчётах можно встретить, например, численные показатели: 50 % снижения выбросов ПГ к 2050 г. для мира в целом и 80 % – для наиболее развитых стран. Но чтобы судить о действиях той или иной страны в этом направлении, необходимо, но не достаточно замерить концентрацию CO_2 в её городах: это будет не показательно, поскольку для ПГ, так же как и для других токсичных газов, не существует

межгосударственных границ и «таможенных пунктов», они могут достаточно долго находиться в атмосфере и хорошо там перемешиваться. Поэтому их концентрации в Санкт-Петербурге, в Детройте или в Пекине, как правило, очень близки и не характеризуют ту или иную страну как источник парниковых газов. Здесь необходимы расчёты расхода использованного топлива, количества той или иной продукции, производство которой сопровождается выбросами и т. п. Кроме того, очень важен мониторинг состояния лесов и других экосистем, которые, как выясняется, могут не только поглощать углекислый газ, но и сами являться источниками CO₂ и метана [6].

Численно оценить суммарный объём выбросов ПГ вообще проблематично, поскольку достаточно хорошо изучена только наибольшая составляющая – выбросы CO₂ от сжигания ископаемых видов топлива, которая дает примерно 65 % от общего количества, а также выбросы различных промышленных химических процессов (производство цемента, металлургия и др.), которые дают только около 3 % общих выбросов парниковых газов. Таким образом, относительно точно известно лишь порядка 70 % от общего объёма глобальных выбросов ПГ, в связи с чем в каждом конкретном анализируемом случае необходимо обращать внимание на то, что же имеется в виду под понятием «выбросы парниковых газов» [6].

Экологическая обстановка в мире в последние два десятилетия существенно изменилась. Если в 1990 г. на долю развивающихся стран приходилась 1/3 выбросов ПГ, а на долю промышленно развитых – 2/3, то к 2013 г. наблюдается почти зеркальное отображение, чему виной сильнейший рост выбросов в Китае, Индии, Бразилии, ЮАР и Индонезии, которые и определяют в настоящее время динамику глобальных выбросов [6].

В большинстве развитых стран выбросы либо стабильны, либо незначительно снижаются. Это объясняется тем, что внедрение новых *энергоэффективных технологий* и товаров идет быстрее, чем расширение объёмов производства и потребления. Существенным фактором является и невысокий рост численности населения в развитых странах по сравнению с развивающимися.

Что касается России, то здесь наблюдается медленный рост выбросов ПГ, поскольку энергоэффективность растёт пока медленнее, чем объём производства и потребления.

Остаётся только надеяться, что в ближайшие годы или десятилетия РФ встанет на путь устойчивого развития, что приведёт и снижению выбросов CO₂ и других парниковых газов [6].

Президент и Председатель Правительства РФ регулярно отмечают, что Россия будет предпринимать шаги по снижению выбросов, если столь же активно в этом процессе будут участвовать два главных «вредителя»: Китай и США. До недавнего времени Россия была на третьем месте по объёму выбросов парниковых газов, но на сегодняшний день по выбросам CO₂ в

энергетике и промышленности наша страна уже четвертая (нас «опередила» Индия). Если же добавить ещё и данные о рубке лесов, то впереди нас и Бразилия. Относительный вклад РФ в глобальные выбросы ПГ сократился до 3 % [6].

2. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СОКРАЩЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ И СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Размышления о потреблении энергии неизбежно наводят на мысль об энергосбережении. Действительно, энергосбережение – это оптимальный путь сокращения общемирового потребления энергии, а следовательно, и снижения выбросов парниковых газов.

Показателен в этом отношении пример Японии, национальные электроэнергетические компании которой сообщили в конце 2012 г. о снижении продаж электроэнергии за год на 6,3 % (по сравнению с 2011 г.). Добиться такого результата помогли согласованные действия практически всех граждан страны.

Однако основные объёмы энергии, конечно, экономятся за счёт более сложных и масштабных технических решений. Например, там же в Японии на острове Сикоку одна из местных компаний создала систему сбережения электроэнергии для частных домов с помощью установленных в помещениях датчиков. Компьютер считывает с них информацию и отключает свет в тех помещениях дома, в которых в данный момент никого нет. Подобные технологии внедрены в настоящее время и в Санкт-Петербурге: в Национальном минерально-сырьевом университете «Горный», в компании Philip Morris International и многих других.

Опыт Японии наглядно показывает всему миру, что даже страна с мощным промышленным комплексом и исключительно развитой экономикой способна снизить потребление энергии.

Остаётся надеяться, что в мире возникнет мода на экономию энергии в духе Страны восходящего солнца [9].

В последние годы в России предпринимаются активные меры по энергосбережению и повышению энергоэффективности в совокупности со снижением выбросов парниковых газов. К основным программным документам в этих направлениях можно отнести:

- Постановление Правительства РФ № 321 от 15 апреля 2014 г. об утверждении госпрограммы «Энергоэффективность и развитие энергетики» [2];
- «Изменение климата и возможности низкоуглеродной энергетики в России» – общественный доклад, подготовленный рабочей группой по климату и энергетике Российского Социально-экологического Союза и участниками проекта «Декоматом», в котором освещены проблемы изменения климата, последствий использования ископаемого топлива,

рисков и опасностей атомной энергетики, энергосбережения и энергоэффективности, перспективы возобновляемой энергетики в России [17];

- меры по снижению в России выбросов парниковых газов и приоритеты работы российских неправительственных организаций [6];
- «Энергоэффективная Россия. Пути снижения энергоёмкости выбросов парниковых газов» – независимое исследование McKinsey & Company о возможностях повышения энергоэффективности и снижения выбросов парниковых газов в России на основе экономической целесообразности [13].

Цель госпрограммы – надёжное обеспечение страны топливно-энергетическими ресурсами, повышение эффективности их использования, снижение антропогенного воздействия ТЭК на окружающую среду.

В связи с этим поставлены следующие задачи:

- обеспечить развитие энергосбережения и повысить энергоэффективность;
- усовершенствовать технологии добычи и транспортировки углеводородного сырья и увеличить глубину его переработки;
- развить использование возобновляемых источников энергии и повысить экологическую эффективность энергетики;
- содействовать инновационному развитию ТЭК.

Реализация госпрограммы к 2020 г. позволит, в частности, снизить энергоёмкость ВВП на 13,5% (по сравнению с 2007 г.); увеличить среднюю глубину переработки нефти на уровне не ниже 85,0 %; снизить выбросы парниковых газов на 393 млн т экв. CO₂.

Совместными усилиями экологических организаций северных стран по выделению национальных приоритетов в снижении выбросов парниковых газов и их объединению в скоординированные действия общественности подготовлен проект «Меры по снижению в России выбросов парниковых газов и приоритеты работы российских неправительственных организаций» (руководитель проекта А.О.Кокорин, WWF России, Москва) [6]. В проекте приведён детальный обзор мер по энергосбережению в российской экономике в совокупности с обязательным снижением выбросов парниковых газов. Приоритет отдаётся, прежде всего, жилому сектору, транспорту, переработке отходов, возобновляемым источникам энергии, лесам, а также вопиющей ситуации со сжиганием попутного нефтяного газа в факелах и гигантским утечкам природного газа в «ведомстве» Газпрома.

В проекте приводится оценка целого ряда мер повышения энергоэффективности различных сфер промышленности, жизнедеятельности человека и энергосбережения с обязательной расчётной оценкой прогнозируемого снижения выбросов парниковых газов к 2020 г.:

- повышение энергоэффективности зданий;
- повышение эффективности в энергетике;
- повышение энергоэффективности в транспортном секторе;

- повышение эффективности в секторе обращения с отходами;
- повышение эффективности лесного хозяйства;
- введение эффективных платежей за выбросы ПГ [6].

2.1. Меры повышения энергоэффективности зданий

По оценкам экспертов МЭА (Мировое энергетическое агентство), в большинстве стран примерно 40 % энергопотребления приходится на здания (жилые и нежилые).

Показателем энергоэффективности строительного объекта (здания) служат потери тепловой энергии с квадратного метра ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) *в год или в отопительный период*. В среднем эта величина составляет 100-120 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. *Энергосберегающим* считается здание, у которого этот показатель ниже 40 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Для развитых европейских стран этот показатель ещё ниже – порядка 10-15 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ [11].

Ограждающие конструкции (стены, окна, крыши, пол) стандартных домов имеют довольно большой коэффициент теплопередачи. Это приводит к значительным потерям: например, тепловые потери обыкновенного кирпичного здания составляют 250-350 $\text{кВт}\cdot\text{ч}$ в год с 1 м^2 отапливаемой площади.

В Европе принята следующая стандартизация домов, в зависимости от удельного потребления тепловой энергии (УПТЭ):

- «Старое здание» (построенные до 1970 г.) – УПТЭ до 300 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год;
- «Новое здание» (с 1970 г. до 2000 г.) – УПТЭ до 150 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год;
- «Дом низкого потребления энергии» (с 2002 г. в Европе не разрешено строительство домов более низкого стандарта) – УПТЭ менее 60 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год;
- «Пассивный дом» – УПТЭ не более 15 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год;
- «Дом нулевого энергобаланса» (здание, архитектурно имеющее тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащённое таким образом, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает) – УПТЭ = 0 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год;
- «Дом с положительным энергобалансом», или «активный дом» – здание, которое с помощью установленного на нём инженерного оборудования (солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров, грунтовых теплообменников и т. п.) вырабатывает больше энергии, чем само потребляет, т.е. может не только обеспечивать себя, но и отдавать энергию в центральную сеть [11].

В России, где большая часть территории находится в зонах с суровым климатом, а энергоэффективность зданий чрезвычайно низка (по сравнению со зданиями в развитых странах со сходным климатом), задача повышения энергоэффективности жилых, общественных и производственных зданий особенно актуальна.

Энергосбережение в строительстве, усовершенствование жилья и минимизация тепловых потерь включают в себя следующие аспекты:

- термоизоляция стандартных внешних ограждений – стены, крыша, окна, двери;
- герметизация внешней оболочки здания;
- применение эффективной теплоизоляции;
- использование энергосберегающих окон и дверей;
- тщательное ограничение появления мостиков холода;
- энергоэффективная система климат-контроля;
- теплоотражательная кровля;
- для частных домов – энергоэффективные нагреватели воды и воздуха (тепловые насосы, солнечные водоподогреватели, фотогальванические энергосистемы), а также использование высокоэффективной системы вентиляции с рекуперацией тепла.

В вышеуказанном проекте рассматриваются следующие меры по повышению энергоэффективности зданий:

- капитальный ремонт жилых зданий;
- улучшение теплоизоляции существующих жилых зданий;
- установка приборов учёта и регулирования тепла и горячего водоснабжения в жилых зданиях;
- введение более строгих строительных норм для новых жилых зданий;
- улучшение теплоизоляции и модернизация существующих нежилых зданий;
- строительство новых более эффективных нежилых зданий;
- использование современных энергоэффективных систем освещения;
- использование современной бытовой и офисной техники [6].

2.1.1. Капитальный ремонт жилых зданий

Капитальный ремонт ранее построенных зданий с целью снижения энергопотребления до уровня нормативных требований для нового строительства включает следующие мероприятия и технологические процессы:

- теплоизоляция фасада, крыши и подвальных перекрытий;
- установка энергосберегающих окон и дверей;
- установка механических систем вентиляции с функцией рекуперации, т.е. использования вторичного тепла.

Нормативы энергопотребления для новых зданий в России составляют 105 кВт·ч/м² в год, или 0,09 Гкал/м² в год. Осуществление перечисленных мероприятий позволит за весь срок реализации Госпрограммы «Энергоэффективность и развитие энергетики» (далее сокращённо – Госпрограмма) сэкономить около 98 млн т у.т., что должно привести к сокращению выбросов парниковых газов на 33 млн т СО₂-экв.

Если к 2030 г. 70 % жилых зданий подвергнутся капитальному ремонту в совокупности с улучшением технического обслуживания зданий и их систем теплоснабжения (своевременный ремонт систем отопления и вентиляции, теплоизоляции трубопроводов), снижение выбросов ПГ составит около 70 млн т CO₂-экв. [6].

Дополнительные меры, включающие в себя модернизацию водонагревательных систем в существующих зданиях (там, где они есть), а в ряде случаев – частичную замену централизованного теплоснабжения с использованием солнечных коллекторов и тепловых насосов (там, где это рентабельно), даже при ограниченном применении могут принести сокращение выбросов ещё на 5-7 млн т CO₂-экв. Таким образом, суммарный прогнозируемый эффект капитального ремонта жилых зданий составит порядка **75 млн т CO₂-экв.** [6].

2.1.2. Теплоизоляция существующих жилых зданий

Снижение тепловпотерь зданий можно достичь посредством целого ряда низкозатратных маломасштабных мероприятий: утепление окон и дверей, герметизация плинтусов и других мест утечек тепла, теплоизоляция чердачных помещений, полов первых этажей, пустот в стенах. Если в течение 20 лет подобные мероприятия охватят 90 % существующих жилых зданий (как проходящих, так и не проходящих капитальный ремонт), а это означает, что ежегодно должны быть обслужены 4,5 % существующего жилого фонда, то прогнозируемое снижение выбросов ПГ составит около **35 млн т CO₂-экв.** Расчёты показывают, что инвестиции в мероприятия по ликвидации (или минимизации) тепловых потерь через различные неплотные стыки (двери, окна и т.п.) приносят как минимум двукратный эффект.

Для улучшения качества воздуха в жилых и производственных помещениях может быть предусмотрена установка приточно-вытяжных вентиляционных систем с рекуператором тепла, что принесёт дополнительный эффект.

Госпрограммой предусмотрен комплексный энергосберегающий ремонт (с осуществлением мероприятий по ликвидации тепловпотерь) многоквартирных жилых зданий общей площадью 340 млн м², что составляет 10 % от общего жилого фонда РФ.

Следует отметить, что меры по утеплению квартир достаточно просты, их можно осуществлять своими силами, они создают дополнительный комфорт жилого помещения и позволяют отказаться от необходимости использования дополнительных электрообогревателей [6].

2.1.3. Установка приборов учета и регулирования тепла и горячего водоснабжения в жилых зданиях

Абсолютное большинство жилых домов в России не оснащены узлами учёта и регулирования тепла и горячего водоснабжения. В последнее десятилетие в крупных городах началась установка узлов теплового учёта в многоквартирных домах, но гидроэлеваторные узлы, позволяющие регулировать и экономить расход теплоносителя в масштабах всего дома, имеются лишь в очень малом количестве домов. Для установки узлов учёта и регулирования расхода теплоносителя необходима реконструкция большей части систем отопления, потому что во многих домах используется прямоточная зависимая система теплоснабжения, не позволяющая регулировать параметры домового отопления.

В рамках Госпрограммы предусматривается установка 2,434 млн коллективных (общедомовых) приборов учета тепловой энергии.

В большинстве российских квартир не установлены индивидуальные счетчики учёта расхода теплоносителя и термостаты для регулирования расхода тепла. Во-первых, их установка возможна только при горизонтальной разводке отопления, а в российских домах наиболее часто встречается вертикальная система разводки отопления. Во-вторых, далеко не каждый гражданин РФ убеждён, что при современных тарифах на ГВС и отопление подобные приборы регулирования принесут ему выгоду. Русский человек хочет принимать душ так долго, как ему хочется, не ломая голову над тем, во что ему это обойдётся. Конечно, такому расточительному подходу когда-то придёт конец, но не сегодня и не завтра. Исконно русский способ регулирования температуры в помещении – это открытие окон: мы открываем окно, когда слишком тепло и душно, или включаем электрические обогреватели, когда слишком холодно. Оценочные расчёты показывают, что финансовые вложения в бытовые системы регулирования тепла приносят почти трёхкратную экономию.

Госпрограммой предполагается, что за 20 лет экономия тепловой энергии может составить не менее 20 %, если 90 % радиаторов отопления будут снабжены термостатами, а 90 % домов оборудованы счётчиками тепла, что в целом по стране к 2030 г. позволит сократить выбросы ПГ примерно на 35 млн т CO₂-экв. [6].

2.1.4. Введение более строгих строительных норм для новых жилых зданий

Согласно статье 11 (Обеспечение энергетической эффективности зданий, строений, сооружений) Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. 261-ФЗ, здания, строения и сооружения, за исключением некоторых особо указанных, должны соответствовать требованиям энергетической эффективности, которые характеризуются удельной

величиной расхода энергетических ресурсов. При этом требования энергетической эффективности зданий подлежат пересмотру не реже, чем один раз в пять лет.

Если предположить сокращение годового удельного потребления тепла с $0,09 \text{ Гкал/м}^2$ ($105 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2$) при существующих нормах до $0,04 \text{ Гкал/м}^2$ ($42 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2$), то прогнозируемое сокращение выбросов ПГ может составить более **50 млн т CO_2 -экв.**

Снижения энергопотребления здания может быть достигнуто благодаря:

- применению энергоэффективных материалов и технологий в жилищном строительстве;
- улучшению конструкции и расположения зданий;
- улучшению теплоизоляции и повышению герметичности зданий;
- использованию современных материалов и конструкций стен, крыш, полов и окон;
- использованию высокоэффективных систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и водонагревательных систем [6].

2.1.5. Улучшение термоизоляции и модернизация существующих нежилых зданий

Комплекс мероприятий по модернизации существующих нежилых зданий включает герметизацию областей утечки тёплого воздуха и утепление оконных конструкций и дверей, что может дать экономию энергопотребления до 50 % и соответствующее сокращение выбросов ПГ примерно на **50 млн т CO_2 -экв.**

Большой потенциал экономии в нежилых зданиях по сравнению с жилыми объясняется тем, что многие из них (например, складские помещения, цеха) имеют очень высокие потолки, большие дверные проёмы и т. п. Для нежилых зданий инвестиции в энергоэффективность приносят пятикратную (иногда десятикратную) экономию. В комплексе с мероприятиями по улучшению технического обслуживания зданий (своевременный ремонт систем отопления, вентиляции и кондиционирования, теплоизоляции трубопроводов), включая и совершенствование системы управления (современный менеджмент), суммарное снижение выбросов ПГ возрастёт примерно до **65 млн т CO_2 -экв.**

Большинство российских предпринимателей пока не осознают, что энергоэффективный офис – это экономичный офис, ведь экономия энергии в производственных помещениях существенно снижает энергоёмкость, а значит, и себестоимости продукции [6].

Простейший пример. Офис ЗАО «Лонас-Технология» в Санкт-Петербурге площадью 115 м^2 и высотой 3 м (6 окон размером $1,4 \times 1,6 \text{ м}$) отапливается шестью радиаторами мощностью около 3 кВт каждый. В офисе работают 18 человек, соответственно 18 персональных компьютеров

(системных блоков) и 21 монитор. Расчёты показывают, что тепловой поток, излучаемый мониторами (естественная конвекция) и системными блоками (вынужденная конвекция), достаточен для комфортного пребывания сотрудников в зимнее время вообще без использования радиаторов. Конечно, в очень суровые зимние дни радиаторы пригодятся, но таких дней в последние годы за весь отопительный период насчитывается в среднем не больше 10-15.

2.1.6. Строительство более энергоэффективных новых нежилых зданий

В ближайшие 20 лет в Российской Федерации планируется строительство промышленных зданий общей площадью 15-20 млн м² в год и 50-60 млн м² коммерческой и прочей нежилой недвижимости, включая объекты социальной сферы, образования и культуры. Вышеперечисленные мероприятия по снижению энергопотребления зданий (см. п.2.1.4) могут принести в итоге до 50 % экономии энергии и снижение выбросов ПГ к 2030 г. на **30 млн т CO₂-экв.** [6].

2.1.7. Использование современных энергоэффективных систем освещения

В Европе с 1 сентября 2009 г. вступил в силу запрет на продажу самых популярных во всем мире ламп накаливания мощностью 100 Вт и более. Программа перехода на энергосберегающие технологии должна была завершиться в 2012 г.

Курс на экономию электроэнергии взяла и Россия: с 1 января 2011 г. введён запрет на оборот ламп накаливания мощностью 100 Вт и более, с 2013 г. – мощностью 75 Вт и более, а с 2014 г. – мощностью 25 Вт и более.

Однако достаточно широкий круг населения традиционно использует для освещения в своих домах старые привычные «лампочки Ильича», не видя смысла в замене их на новые технологии – галогенные, люминесцентные или светодиодные лампы. Другие источники света до сих пор многим кажутся чем-то новым и незнакомым. Не все понимают, в чем причины такой «немилости» в отношении ламп накаливания и чем их можно заменить с наименьшими проблемами, связанными с переходом на иной источник.

Госпрограмма предусматривает внедрение в жилищном фонде эффективных систем освещения с заменой традиционных ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы и светодиодные лампы с доведением к 2021 г. доли компактных люминесцентных ламп до 83 % при полном выводе из использования ламп накаливания.

Если стоимость светодиодных ламп будет снижаться теми же темпами, что и стоимость солнечной энергетики, к 2030 г. переход на светодиоды станет массовым, особенно после 2020 г. В результате прогнозируемое

снижение выбросов ПГ принесёт в *жилых* домах примерно **6 млн т CO₂-экв.** (замена ламп накаливания на светодиоды – 5 млн, замена люминесцентных на светодиоды – 1 млн), а в *нежилых* – **3 млн т CO₂-экв.** (замена ламп накаливания на светодиоды – 1,3 млн, замена люминесцентных на светодиоды – примерно 1 млн, замена устаревших ламп T12 на T8/5 – 0,7 млн). Суммарный эффект, таким образом, составит примерно **9 млн т CO₂-экв.**

Для общедомовых решений по освещению представляется перспективной система «Шаг за шагом», суть которой заключается в поэтапном вложении средств. После замены ламп, например, на лестницах, жилищное сообщество откладывает сэкономленные деньги для следующего шага – покупки приборов, позволяющих ещё увеличить экономию электричества. Экономия от первых шагов накапливается и позволяет установить новое оборудование, например, датчики движения в тех помещениях, где не нужен постоянный свет, и так далее [6].

2.1.8. Использование современной бытовой и офисной техники

Приобретение населением новой энергоэффективной бытовой электроники (компьютеров, принтеров, сканеров, телевизоров, DVD-проигрывателей, зарядных устройств) вместо морально и физически устаревшей техники оценивается вероятным эффектом снижения выбросов парниковых газов в 4 млн т CO₂-экв.

Замена устаревшей бытовой техники (холодильников, стиральных и посудомоечных машин и т. п.) по окончании срока её эксплуатации на более энергоэффективные модели приведёт к сокращению выбросов ПГ на 5 млн т CO₂-экв.

Любая новая техника, в среднем, на 35-40 % более энергоэффективна, чем заменяемая (новая бытовая техника потребляет меньше электроэнергии на 15-20 %, а новая офисная техника – на 45-50 %). В коммерческих и прочих нежилых зданиях замена существующей бытовой техники и офисной электроники высокоэффективными моделями оценивается эффектом снижения выбросов ПГ в 6 млн т CO₂-экв.

Таким образом, к 2030 г. можно прогнозировать суммарный эффект в **15 млн т CO₂-экв.**

Важным аспектом является введение маркировки энергоэффективности, которая позволяет выбрать прибор, потребляющий при прочих равных потребительских свойствах меньше энергии. Потенциальный покупатель должен знать, что, купив более дорогой, но при этом более энергоэффективный прибор, уже через несколько месяцев он компенсирует разницу в цене за счёт экономии энергопотребления [6].

Результаты внедрения энергосберегающих мероприятий по повышению энергоэффективности зданий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица экологического эффекта в результате внедрения энергосберегающих мер по повышению энергоэффективности зданий

№	Мероприятие	Снижение выбросов парниковых газов, млн т CO ₂ -экв.
1	Капитальный ремонт жилых зданий	75
2	Теплоизоляция существующих жилых зданий	35
3	Установка приборов учёта и регулирования тепла и ГВС в жилых зданиях	35
4	Введение более строгих строительных норм для новых жилых зданий	50
5	Улучшение теплоизоляции и модернизация существующих нежилых зданий	65
6	Строительство новых более энергоэффективных нежилых зданий	30
7	Использование современного энергоэффективного освещения	9
8	Использование современной бытовой и офисной техники	15

2.2. Меры в секторе энергетики

В большинстве развитых стран и в некоторых развивающихся (Китай, Бразилия) данные меры направлены на развитие нетрадиционных альтернативных возобновляемых источников энергии. Безусловно, это направление актуально и для перспективного развития энергетики Российской Федерации. Однако в ближайшие 10-20 лет Россия, оставаясь одним из лидеров по ресурсам ископаемого топлива, должна, в первую очередь, «залатать другие дыры». Речь идёт о вопиющем положении с энергетическим хозяйством (теплосети, энергосети, эффективность работы ТЭЦ и т.п.), а также о беспрецедентной для мировой энергетики и специфической для России проблеме сжигания попутного нефтяного газа в факелах, а также о гигантских «плановых» потерях метана при регламентных и ремонтных работах [6].

Суммарный экологический эффект от снижения выбросов ПГ в результате «затыкания дыр» к 2030 г. может составить **150 млн т CO₂-экв.**, а активное внедрение технологий, связанных с возобновляемыми источниками энергии оценивается ориентировочно в **200 млн т CO₂-экв.** [6].

2.2.1. Модернизация энергетического хозяйства, включая теплосети и ЛЭП

Проблемы развития, модернизации, реабилитации и реформирования систем теплоснабжения стоят сегодня перед всеми муниципалитетами.

При формировании национальной политики реформирования и модернизации рынка тепла важно обратить внимание на два нюанса.

Во-первых, как правило, активно обсуждаются проблемы только больших систем теплоснабжения. Однако наиболее проблемными для многих российских регионов являются как раз малые локальные рынки тепловой энергии, которые создают непропорционально большую экономическую нагрузку по обеспечению теплоснабжения [3].

В национальном масштабе рынка тепла в России не существует: он разбит, как минимум, на 50 000 локальных рынков, которые можно разделить на крупные рынки – с производством и потреблением более 2 млн Гкал/год, средние – от 0,5 до 2 млн Гкал/год и малые – до 0,5 млн Гкал/год.

Во-вторых, уже сегодня ежегодные вложения в модернизацию систем теплоснабжения превышают 17 млрд руб., причём многие меры предусматривают лишь модернизацию уже существующих систем без пересмотра концепции теплоснабжения, а, следовательно, расходуются крайне неэффективно.

К числу основных системных проблем функционирования теплоснабжения населенных пунктов можно отнести следующие:

- существенный избыток мощностей источников теплоснабжения;
- завышенные оценки тепловых нагрузок потребителей;
- избыточная централизация многих систем теплоснабжения;
- высокий уровень потерь в тепловых сетях;
- разрегулированность систем теплоснабжения;
- нехватка квалифицированных кадров.

Для 70 % российских систем теплоснабжения плотность нагрузок находится за пределами зоны высокой эффективности централизованного теплоснабжения и даже вне зоны предельной эффективности централизованного теплоснабжения (рис. 1).

Системам с низкими плотностями характерны высокие нормативные потери в сетях. Низкое качество их эксплуатации приводит к повышенному уровню потерь по сравнению с нормативными ещё на 5–35 %.

В среднем по России потери в тепловых сетях составляют 20–25 %. Поскольку в тариф включаются только 7–10 %, теплоснабжающие компании вынужденно стремятся зависить подсоединённые нагрузки и объёмы отпуска тепла потребителям.

Неэффективность теплосетей обходится сектору в лишних 160 млрд руб. сверхнормативных потерь (исходя из цены 1 сверхнормативно теряемой Гкал в 400 руб., 1 т у.т. – 1400 руб.) [3].

Улучшение изоляции старых теплосетей с использованием современных технологий (полиуретановая теплоизоляция) должно сократить потери как минимум в 2–3 раза, до уровня примерно в 15 %, что в пересчёте на выбросы парниковых газов принесёт эффект в 40 млн т CO₂-экв. в год.



Рис. 1. Потери в тепловых сетях

Потери при передаче электроэнергии меньше, но и их необходимо снизить хотя бы в 1,5 раза (с текущих 12 % до 10 % в 2020 г. и 8 % к 2030 г.). Экономия может быть достигнута как за счёт технических новшеств, так и в результате увеличения плотности сетей за счёт строительства дополнительных ЛЭП, которое, кроме того, повышает надёжность электроснабжения. Предполагаемый экологический эффект оценивается в 20 млн т CO_2 -экв. в год.

Наибольший эффект может дать совместная выработка электроэнергии и тепла, т.е. строительство парогазовых установок (ПГУ) с когенерационным режимом вместо паросиловых установок (ПСУ), работающих в конденсационном режиме (КПД ПГУ в среднем на 10 % выше КПД ПСУ).

Госпрограмма предусматривает проведение соответствующих мер по модернизации газовых станций (ГТУ), в том числе за счёт вывода из эксплуатации газовых станций, выработавших ресурс, строительства станций с использованием газотурбинных и парогазовых технологий, внедрение когенерации на котельных, строительство мини-ТЭЦ вместо котельных в малых и средних городах. В совокупности с повышением эффективности работы станций за счёт снижения потребления энергии на собственные нужды этот эффект к 2030 г. оценивается в 20 млн т CO_2 -экв. в год.

Таким образом, суммарный эффект от мер в *энергетическом хозяйстве* достаточно высок – порядка **80 млн т CO_2 -экв. в год** [6].

2.2.2. Сокращение объёмов сжигания попутного нефтяного газа в факелах

Попутный нефтяной газ (ПНГ) является побочным продуктом нефтедобычи. Основными горючими компонентами попутных нефтяных газов являются углеводороды от метана до гексана, включая изомеры $C_4 - C_6$, сероводород (до нескольких процентов), водород (иногда и в небольших количествах). Балласт включает в себя азот, углекислый газ, гелий, аргон.

Основные направления квалифицированного использования попутного нефтяного газа:

- переработка на ГПЗ, включающая в себя выделение гомологов метана и производство на их базе нефтехимической продукции, после чего выделенный сухой отбензиненный газ поставляется для энергетических нужд. Из отбензиненного газа, кроме того, могут быть получены СПГ и жидкое топливо;

- сайклинг-процесс и закачка в пласт;
- энергетика – сжигание в энергетических установках для производства электрической и тепловой энергии.

В настоящее время доля утилизации ПНГ в развитых странах – США, Канаде, Норвегии – составляет 99-100 %, тогда как в России, странах Ближнего Востока и Африки значительная часть попутного газа сжигается в факелах.

По состоянию на начало 2012 г. предписываемый уровень эффективной утилизации попутного нефтяного газа – 95 % – в России достигли всего две компании – «Сургутнефтегаз» и «Татнефть». Достаточно высокое значение этого показателя имеют операторы СРП (Соглашение о разделе продукции), ТНК-ВР и «Башнефть». Аутсайдерами отрасли по эффективному использованию ПНГ являются государственные компании «Роснефть» и «Газпром нефть» (рис. 2) [7].

В 2011 г. валовая добыча попутного нефтяного газа в России составила 67,8 млрд m^3 (рис. 3):

- сожжено в факелах 16,3 млрд m^3 (24 %);
- около 30,3 млрд m^3 (44,7 % от общей добычи) – поставлено на газоперерабатывающие заводы (ГПЗ);
- на собственные нужды нефтяных компаний для закачки в пласт и производства электрической энергии – 21,2 млрд m^3 (31,3 %) [7].

Сжигание газа в факелах давно стало в прямом смысле «визитной карточкой» российского нефтегазового промысла, когда проще снять «сливки», а побочные источники дохода сжечь. Согласно ряду зарубежных источников, объёмы сжигания газа в факелах в несколько раз больше, чем попадает в российский кадастр.

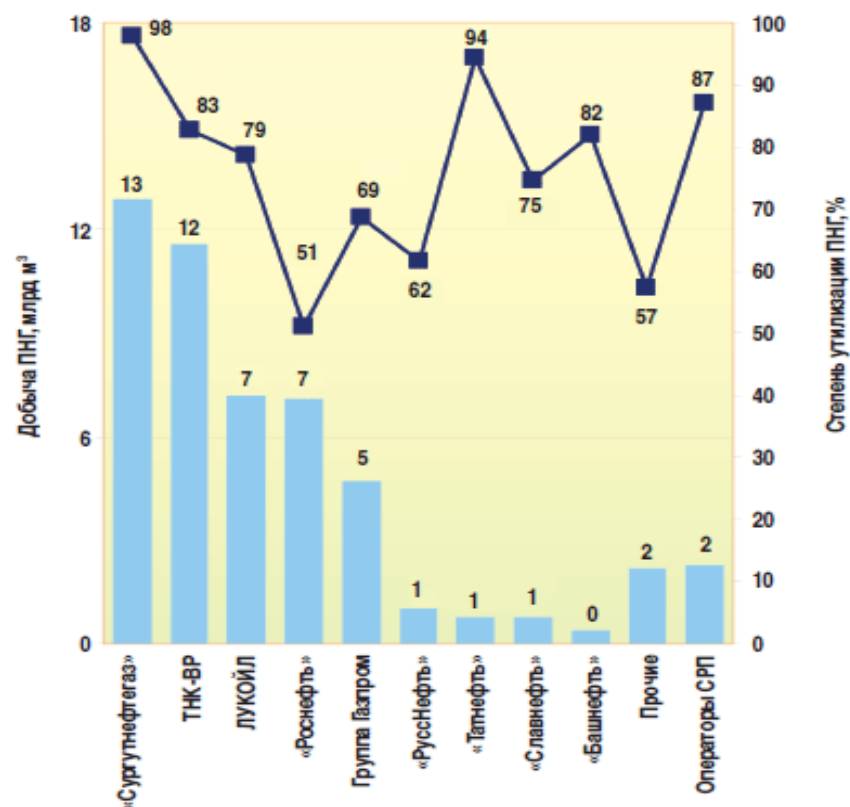


Рис. 2. Добыча и степень эффективного использования ПНГ в России

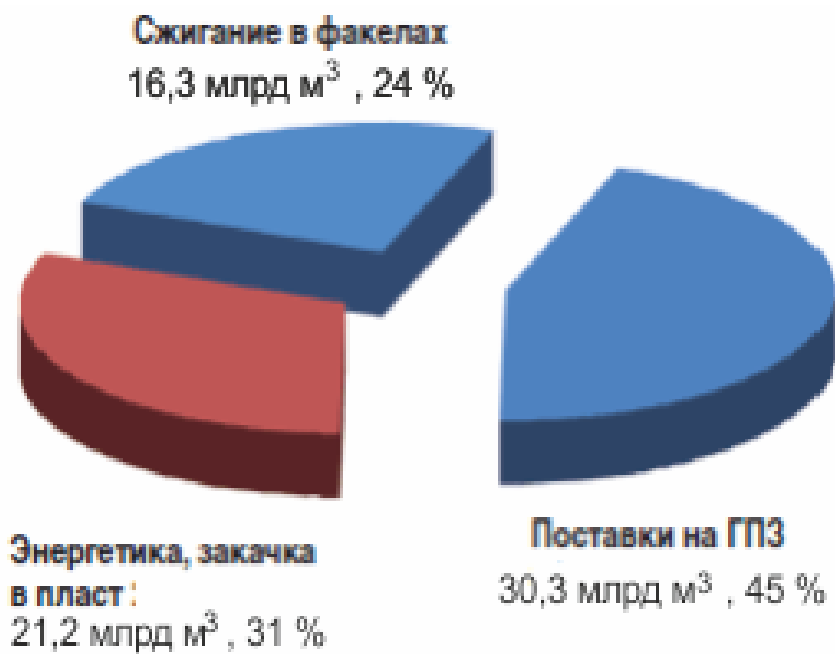


Рис. 3. Использование попутного нефтяного газа в России

Госпрограмма предусматривает сокращение сжигания ПНГ в факелах (утилизацию на 95-98 %), что должно привести к сокращению выбросов на **20-40 млн т CO₂-экв. в год** [6].

2.2.3. Снижение утечек метана в газотранспортной системе

Наряду со сжиганием газа в факелах (проблемы известной и очевидной), в России есть на порядок бóльший «тихий и невидимый» источник – это официально разрешённые выбросы метана при регламентных и ремонтных работах. Утечки природного газа – главная «парниковая беда» нашего нефтегазового сектора, по официальным данным на 2009 г. оцениваемая примерно в 340 млн т CO₂-экв. в год, что эквивалентно потерям 20 млрд м³ метана. Следует отметить, что это официальная информация, основанная на данных Газпрома и на сильно упрощенных оценках с использованием ориентировочных коэффициентов [6].

Утечки природного газа имеют четыре составляющие:

- более 35 % – потери при транспортировке и хранении газа;
- 20 % – потери при добыче и первичной переработке;
- 20 % – потери организаций – распределителей газа в сетях более низкого давления;
- 25 % – потери конечных потребителей [6].

Согласно обследованию, проведённому в 2010-2011 г. компанией «ГАЗПРОМ добыча ЯМБУРГ», 99,85 % эмиссии метана относится к организованным источникам выбросов, причём основным источником являются технологические свечи (74 %), а остальная часть приходится на арматуру, включая краны, вентили и задвижки. Не исключено, что утечки из неорганизованных источников больше, чем значится в официальной статистике.

Госпрограмма предусматривает сокращение эмиссии метана в секторе *газодобычи* в 2011-2020 гг. на 193 млн т CO₂-экв. На данный момент наиболее проработаны меры для *транспортировки* газа, которые предусматривают сокращение выбросов ПГ на 60 млн т CO₂-экв. [6].

Новый подход к осмотру и ремонту *распределительной сети* позволит на 80 % сократить разрыв между существующей практикой и передовым зарубежным опытом и предотвратить выброс 42 млн т CO₂-экв. в год (или потери 2,5 млрд м³ метана).

Ряд мероприятий, связанных с *компрессорами*, даст суммарный эффект в более чем 20 млн т CO₂-экв. в год, в том числе:

- использование мобильных компрессоров при плановом ремонте трубопроводов, которое препятствует выбросу газа в атмосферу – более 7 млн т CO₂-экв. в год;
- новые программы осмотра и ремонта компрессоров – 5 млн т CO₂-экв. в год;

– замена уплотнителей на современные (на 80-85 % компрессоров) – около 9 млн т CO₂-экв. в год.

Еще около 10 млн т CO₂-экв. в год могут дать меры по улучшению логистики прокачки газа и минимизации работы оборудования в неэффективных режимах.

Таким образом, суммарный эффект от вышеперечисленных мер составляет **80 млн т CO₂-экв. в год**, что позволит сохранить примерно 5 млрд м³ газа [6].

Здесь перечислены потери, которые подлежат устранению в самую первую очередь. В дальнейшем, конечно, необходима реализация мер при добыче газа, в сетях низкого давления и у конечных потребителей.

2.2.4. Ускоренное развитие возобновляемых источников энергии

В 2010 г. в России были установлены следующие целевые значения доли возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии на период реализации программы: 2010 г. – 1,5 %, 2015 г. – 2,5 %, 2020 г. – 4,5 %.

Однако на 2010 г. суммарная установленная мощность электростанций на базе нетрадиционных ВИЭ составляла лишь 2250 МВт, или около 1 % от суммарной установленной мощности всех электростанций России. Основной вклад приходится на БиоТЭС – 1400 МВт, малые ГЭС – 750 МВт и ГеоТЭС – 85 МВт. При этом такие популярные и активно развивающиеся в мире направления, как ветровая и солнечная энергетика, на данный момент в России значительно отстают в своем развитии (рис. 4) [12].

Следует отметить большой потенциал использования других видов ВИЭ в регионах России (например, ГеоТЭС на Камчатке, малых ГЭС на Урале, БиоТЭС в сельскохозяйственных регионах).

Развитие солнечной и ветровой энергетики требует значительных инвестиций, которые могут быть оправданы для большинства конечных потребителей только в случае государственного субсидирования «зелёной» электроэнергии. Для этого необходимо как существенное расширение налоговых льгот и субсидий для лиц, осуществляющих строительство ВИЭ для собственных нужд, так и предоставление льгот за счёт субсидирования повышенной стоимости электроэнергии из таких источников при отпуске в сеть [12].

По оценкам экспертов, увеличение стоимости покупки электроэнергии на оптовом рынке электрической мощности (ОРЭМ) на 35-40 % за 1 кВт·ч позволит сократить разницу в сроках окупаемости объектов ВИЭ и традиционных ИЭ, что сделает привлекательными инвестиции в ВИЭ для энергетических компаний и потребителей.

На примере стран, где широко используются ВИЭ, видно, что помимо экономических стимулов для развития нетрадиционной энергетике требуется создание технических и организационных условий, обеспечивающих

возможность отпускать излишки выработанной электроэнергии в сеть для повышения эффективности использования ВИЭ в неизолированных районах.

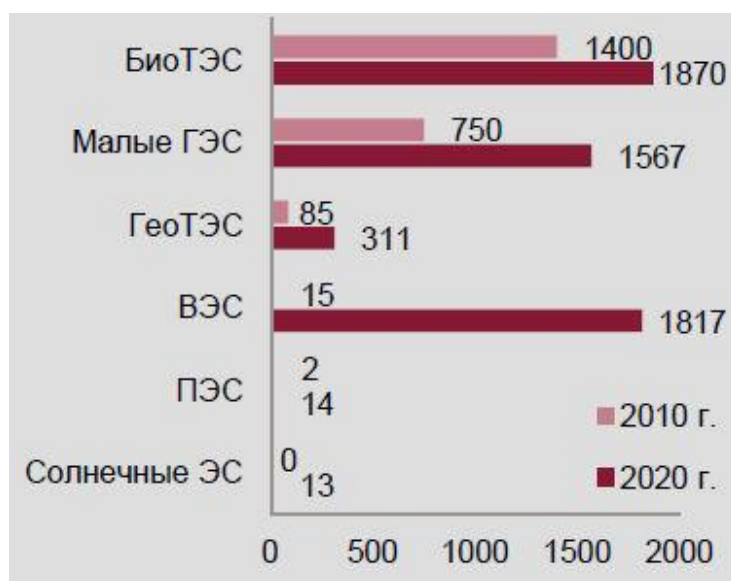


Рис. 4. Установленная мощность ЭС на базе ВИЭ в России на 2010 г. и целевая установленная мощность на 2020 г., МВт

Прогнозируемый экологический эффект от возможного ускорения развития ВИЭ к 2030 г. составит примерно **50 млн т CO₂-экв. в год**:

- биомасса (в основном, продукты переработки древесины) – более 15 млн т CO₂-экв. в год;
- ветер – до 15 млн т CO₂-экв. в год;
- геотермальная энергия – до 10 млн т CO₂-экв. в год;
- приливная энергия – до 7 млн т CO₂-экв. в год;
- малые ГЭС – 1,5 млн т CO₂-экв. в год (несмотря на хорошие шансы на компенсационные платежи);
- солнечная энергетика (наиболее технологически развивающаяся в мире) – менее 0,5 млн т CO₂-экв. в год [6].

По оптимистическим оценкам экспертов к 2050 г. около 25 % потребляемых в России первичных энергоресурсов могут быть экономически обоснованно замещены с использованием технологий нетрадиционной возобновляемой энергетики, что составит около 270 млн т у.т. в год [12]. Однако по меркам сегодняшней России это представляется утопией.

2.3. Меры в транспортном секторе

В потреблении первичных энергоресурсов 40 % приходится на выработку электроэнергии, 25 % – на выработку тепла, 20 % – на сжигание топлива в промышленности и 15 % – на транспорт.

Сжигание огромных объёмов ископаемых видов топлива (в основном нефтепродуктов, таких как бензин, керосин и дизельное топливо) в двигателях внутреннего сгорания наземных, воздушных и водных транспортных средств является одним из главных источников выбросов парниковых газов. Согласно данным МЭА, приблизительно 60 % нефти в мире расходуется транспортным сектором. Автомобильный транспорт в отдельности потребляет более 10 % общего объема энергоресурсов в России [13].

Несмотря на то, что на транспорт приходится бóльшая часть прироста энергопотребления в РФ (54 % за 2000-2010 гг.), с энергоэффективностью в этом секторе существует масса проблем:

- отсутствует система сбора данных о суммарном потреблении и эффективности потребления энергии;
- не введены индикаторы энергоэффективности на основе оценки прогресса в работе транспорта и организации дорожного движения в городах;
- не введены стандарты топливной эффективности для автомобилей;
- не существует системы поощрения покупателей малолитражек;
- отсутствует система обучения экономному и экологичному вождению.

Без введения соответствующих целенаправленных мер ежегодное увеличение количества автомобилей на 3,5 % вызовет к 2030 г. повышение уровня потребления топлива, выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ более чем вдвое [6].

В качестве первичных методов снижения потребления топлива (точнее не снижения, а замедления темпов роста) часто рассматриваются только такие технические меры, как повышение энергоэффективности автомобилей, переход на альтернативные виды топлива и обучение экологичному вождению. Однако это позволяет замедлить рост энергопотребления автомобильным транспортом лишь на 14 % и объёмов выбросов ПГ на 24 %. Таким образом, даже при внедрении подобных мер энергопотребление автотранспортом в России может вырасти к 2030 г. более чем на 70 % [13].

Госпрограмма предусматривает проведение добровольных и обязательных энергетических обследований организаций общественного транспорта, личный транспорт не охвачен вообще, оценок возможного сокращения выбросов парниковых газов на автотранспорте также не даётся, за исключением повышения топливной экономичности парка тракторов в сельскохозяйственном секторе [6].

2.3.1. Повышение эффективности транспортной системы

Наиболее эффективной мерой модернизации транспортной системы и снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ на транспорте является так называемый *«модальный сдвиг»*.

Применительно к городскому транспорту это означает, во-первых, перевод пассажиропотоков с личного (автомобильного) на общественный транспорт, а, во-вторых, предоставление людям большей возможности передвигаться на велосипеде и пешком.

По сравнению с передвижением на легковом автомобиле расход энергии (в расчёте на одного пассажира) при передвижении на автобусе (троллейбусе) приблизительно в 5 раз меньше, а при передвижении на трамвае или на метро – примерно в 10 раз (при полной нормальной загрузке). Если же в автомобиле едет один водитель, а не 4 человека, то энергоэффективность автомобиля ниже, чем автобуса/троллейбуса в 20 раз, а трамвая/метро – в 40 раз [6].

Развитие общественного транспорта, велосипедной инфраструктуры и пешеходных возможностей позволяет одновременно решать и две другие проблемы – *загрязнения воздуха и пробок*.

Выбросы загрязняющих веществ, приходящиеся на одного пассажира, у общественного транспорта в 5-10 раз меньше, чем у автомобиля.

Кроме того, пассажиру в общественном транспорте требуется в 10-20 раз меньше площади проезжей части. Пассажирская пропускная способность улицы с трамвайным движением в среднем в 6 раз выше, чем той же улицы без трамвайных путей.

Обеспечение модального сдвига дополнительно ведёт и к положительным социальным аспектам: повышает возможности мобильности для малообеспеченных, пожилых людей и детей, создает благоприятную городскую среду обитания.

Важно заметить, что повышение эффективности транспортной системы вовсе не означает строительство новых и расширение существующих магистралей в городах, особенно, в крупных мегаполисах. Во-первых, это практически невозможно, а, во-вторых, бесполезно – например, в Москве и Санкт-Петербурге общая площадь проезжей части проспектов, улиц, площадей и переулков в пять раз меньше необходимой для передвижения уже существующего количества автомобилей.

В отношении пригородного и междугородного транспорта модальный сдвиг означает предоставление пассажирам удобных возможностей использования железной дороги, автобусного сообщения, водного, автомобильного и воздушного транспорта. Именно в таком приоритетном порядке располагаются эти виды транспорта по возрастанию потребления энергии (топлива) в расчёте на одного пассажира [6].

Что касается грузовых перевозок, то в этом отношении железнодорожный и водный транспорт являются значительно более

энергоэффективными, чем автомобильный, поэтому модальный сдвиг – перенос грузопотоков – на железную дорогу и суда также представляется очень важным.

Согласно оценочным расчётам, увеличение перевозок пассажиров общественным транспортом на 10 % обеспечит снижение выбросов парниковых газов на **20 млн т CO₂-экв. в год** [6].

2.3.2. Использование более экономичных и экологически чистых автомобилей

Процесс перехода на более экономичные модели легковых автомобилей диктуется ценами на топливо. Если будут введены соответствующие налоговые и нормативные меры, то к 2030 г. более половины легковых автомобилей с двигателем внутреннего сгорания будут соответствовать необходимому уровню технических усовершенствований. Однако прогнозируемый рост количества автомобилей, несмотря на все предпринятые усилия, может привести к существенному росту выбросов парниковых газов.

Общий эффект от мер по использованию более экономичных легковых автомобилей всех типов можно оценить как **более 50 млн т CO₂-экв. в год**, в том числе автомобилей с ДВС – 40 млн т CO₂-экв. в год, гибридных и электромобилей – 10 млн т CO₂-экв. в год. Необходимо отметить, что здесь речь идёт не о снижении выбросов ПГ по отношению к нынешнему уровню, а лишь о замедлении темпа роста выбросов по сравнению с тем вариантом, если бы не было принятия этих мер.

Кроме того, цены на топливо и требования по снижению загрязнения воздуха диктуют и более совершенную логистику, более широкое использование в городах электротранспорта, автобусов на газе и т. п.

Оценить эффект снижения темпов роста выбросов ПГ благодаря ускоренному переходу на гибридные модели и электротранспорт не представляется возможным. Следует отметить, что главный эффект от такого перехода – в снижении загрязнения воздуха в мегаполисах.

Гибридным называют автомобиль, использующий для привода ведущих колёс более одного источника энергии. Современные автопроизводители часто прибегают к совместному использованию двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя, что позволяет избежать работы ДВС в режиме малых нагрузок, а также реализовывать рекуперацию кинетической энергии, повышая эффективность использования топлива.

В России разработка городского гибридного автомобиля была начата силами компании «Яровит Моторс», а затем предложена в качестве предмета совместной деятельности Михаилу Прохорову, с которым у компании уже были налажены контакты.

Ё-мобиль – проектируемый российский последовательный гибридный автомобиль, в конструкции которого предполагается использование

электрической трансмиссии с комбинированным питанием от генератора, вращаемого газобензиновым двигателем внутреннего сгорания, и от ёмкостного накопителя энергии.

Промышленное производство машин (по заявлениям разработчиков) было запланировано на начало 2012 г. (при стоимости от 360 тыс. руб.), однако и сроки, и цены претерпели изменения – после 2015 г. (от 450 до 490 тыс. руб.) [20].

Перспективным, особенно с позиции экологической безопасности, является использование в качестве автомобильного топлива жидкого водорода, однако в условиях российской действительности это маловероятно. Хотя, как уже отмечалось, именно в нашей стране (в Советском Союзе) был впервые осуществлён беспосадочный (от взлёта до посадки) перелёт грузового самолёта ТУ-155, заправленного жидким водородом.

Снижение темпов роста выбросов ПГ в результате перехода 15 % всех автомобилей (грузовых, легковых, автобусов) на биотопливо из российского сырья: бензиновых – на биоэтанол, дизельных – на дизельное биотопливо из растительного сырья оценивается примерно в **25 млн т CO₂-экв. в год** [6].

2.4. Меры в секторе обращения с отходами

Утилизация отходов в России является важной и насущной проблемой, которая заключается не только в том, чтобы очистить от мусора наши леса, реки и парки. Основная задача – организовать должную утилизацию мусора и принять меры, ограничивающие всё ускоряющийся рост количества отходов, прежде всего, твердых бытовых отходов.

Необходима организация раздельного сбора мусора (как это принято во всех развитых странах) и, главное, его дальнейшая утилизация. Недопустимо, чтобы раздельно собранный мусор не перерабатывался, а вывозился на свалки. Следует подчеркнуть, что использование вторсырья также приносит дивиденды в вопросах экономии энергии и снижения выбросов парниковых газов. При этом речь идёт не о мусороперерабатывающих заводах, которые вызывают немало вопросов и проблем. Чаще всего такие заводы ни в коем случае нельзя считать мерой по снижению выбросов, поскольку они сами по себе являются дополнительным источником выброса вредных веществ. Суть заключается в прямой замене первичного сырья вторсырьем и достигаемым при этом эффекте, который рассчитывается через экономию топлива, электроэнергии и тепла [6].

Необходимо введение законодательного ограничения производства материалов и изделий, которые не подлежат переработке. Снижение количества ненужной упаковки, принципиальный переход от приоритета одноразовых (или часто заменяемых) товаров к приоритету товаров длительного пользования также даёт прямой эффект уменьшения количества отходов, экономии энергии и снижения выбросов.

2.4.1. Раздельный сбор отходов и их утилизация

При организации раздельного сбора мусора и дальнейшей его утилизации, согласно оценочным расчётам, можно добиться снижения выбросов парниковых газов, в зависимости от вида вторичного сырья (т CO₂-экв. в год на 1 т перерабатываемых отходов): бумага – 4,8; картон – 5,6; пластик – 1,8; стекло – 0,4; сталь – 1,8; алюминий – 13,6.

Близкая к полной утилизация данных видов отходов (в объёмах, которые прогнозируемо будут образовываться в ближайшие 10-20 лет) в сумме к 2030 г. принесёт снижение выбросов парниковых газов на 30-35 млн т CO₂-экв. в год [6].

К сожалению, Госпрограмма вообще не предусматривает никаких мер по использованию отходов в энергетических целях, что могло бы составить существенный дополнительный энергетический ресурс.

Производство компоста из органических отходов в ближайшие 20 лет может привести к снижению выбросов ПГ более чем на 5 млн т CO₂-экв. в год.

Утилизация свалочного газа, который на 50-70 % состоит из метана, даже в случае его неэффективного неэнергетического использования (т.е. простого сжигания) также оценивается суммарным эффектом в снижении выбросов ПГ в 3 млн т CO₂-экв. в год, поскольку образующийся при сжигании CO₂ даёт в 20-25 раз меньший парниковый эффект, чем метан.

Таким образом, суммарный эффект от всех операций по утилизации отходов составляет примерно **40 млн т CO₂-экв. в год**, причем главную роль играет раздельный сбор и утилизация мусора в виде вторичного сырья.

Для организации раздельного сбора отходов и их вторичного использования необходимо законодательное регулирование, рассматривающее отходы в качестве ресурсов [6].

2.5. Долгосрочные меры на будущее

2.5.1. Переход к экологически устойчивому ведению лесного хозяйства

Бесспорно, леса эффективно чистят воздух от пыли и загрязняющих веществ и, однозначно, должны считаться «легкими» микрорайона или города, активно влияющими на их микроклимат. Леса, конечно, поглощают CO₂ в процессе фотосинтеза, но также и выделяют его в процессе «дыхания» и разложения органических веществ. Молодой, быстро растущий лес является, безусловно, нетто-поглотителем, а вот старый может быть и нетто-источником (нетто-эмиттером) углекислого газа. Однако, всем известный постулат «леса – легкие планеты», так же как и убеждение, что «леса – экологические доноры Земли», сохраняющие её климат, не совсем корректны. Планета Земля живет за счёт кислорода, накопленного миллионы лет назад, при этом ни океан, ни леса не являются «серьезными»

источниками кислорода в глобальном масштабе. Его содержание в атмосфере снижается совершенно незначительно и не представляет для человечества ни малейшей угрозы [4].

В настоящее время Россия переживает последствия обширных рубок 1960-1980-х гг. (в те годы рубки составляли примерно 350 млн м³), в результате которых возрастное распределение лесов значительно сместилось в сторону молодых лесов. С 2000 г. объёмы рубок сократились в 2-2,5 раза (150–200 млн м³). Поэтому сегодня, несмотря на немалые рубки, лесные пожары и гибель лесов от вредителей, российские леса являются мощным нетто-поглотителем углекислого газа из атмосферы, равным примерно 600 млн т CO₂-экв. в год (рис. 5) [5].

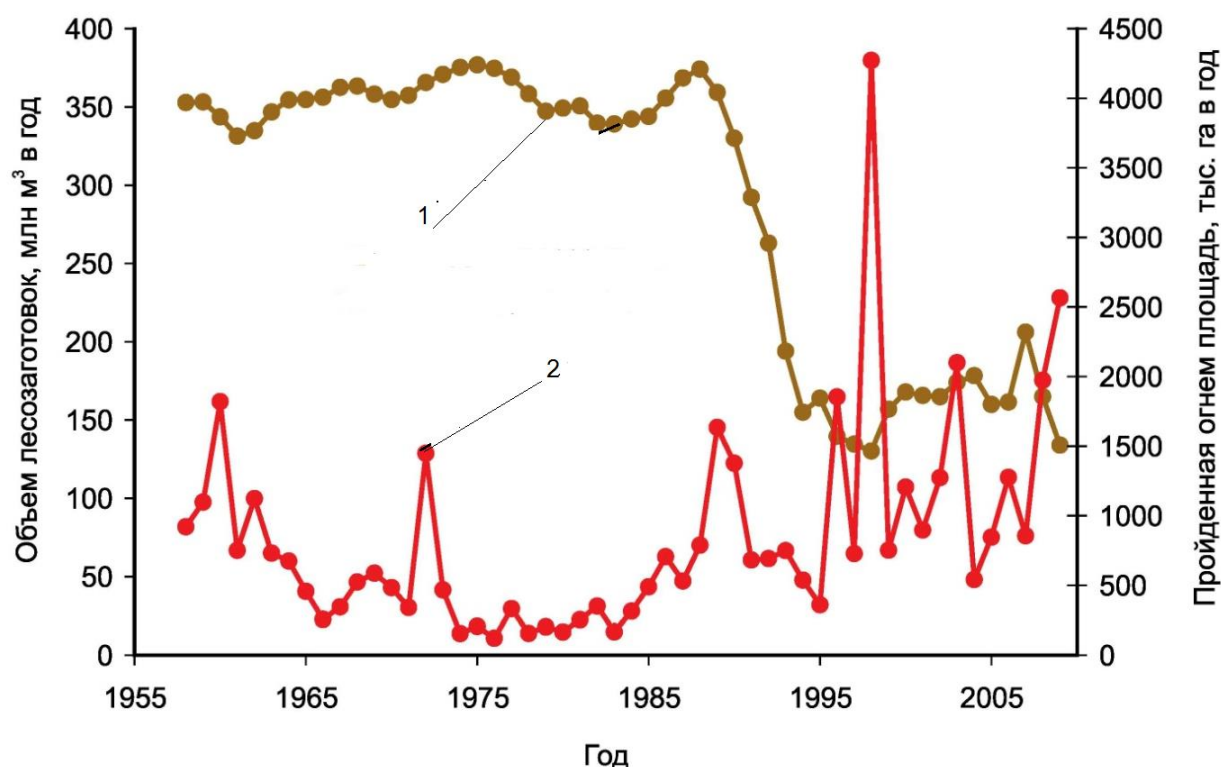


Рис. 5. Динамика объемов лесозаготовок и площадей лесных пожаров в России: 1— объем лесозаготовок; 2— площадь пожаров

Леса неизбежно будут стареть, и, согласно расчетам, через 30 лет нетто-поглощение может стать нулевым. На сам процесс взросления лесов повлиять невозможно (быстрорастущий энергетический лес здесь не помощник), но можно повлиять на другие факторы: пожары и рубки, которые обуславливаются ведением лесного хозяйства.

Первоочередной мерой является борьба с лесными пожарами, и совершенно очевидно, что дело даже не в их климатической роли, а в ущербе для экосистем, жизнедеятельности человека и экономики.

Второй, менее видный, но очень важный фактор – объём и технология самого процесса. При планируемом в ряде правительственных документов росте рубок на 5 % в год к середине 2040-х гг. наши леса станут нетто-эмиттером объёмом 100-200 млн т CO₂-экв. в год. Однако в долгосрочной перспективе проблема состоит даже не столько в объёме рубок, сколько в самом ведении лесного хозяйства, которое на сегодняшний день не выдерживает никакой критики, и если рубки будут вестись как сейчас, то даже отсутствие их роста лишь отсрочит момент, когда наши леса перестанут быть нетто-поглотителем CO₂ [6].

Необходимо иное – долгосрочное устойчивое ведение лесного хозяйства, в целом аналогичное скандинавскому. Сегодня и объёмы рубок, и площади, на которых они производятся, неуклонно растут. При этом много относительно малоценной древесины остаётся на лесосеке (сжигается или сгнивает) – рубщиков совершенно не интересует, что будет с данным лесным участком через 10, 20 и, тем более, 50 лет.

Устойчивое ведение лесного хозяйства подразумевает, что на части лесов страны ведётся лесное хозяйство по принципу «огорода», тогда как на остальной части сплошных рубок нет вообще, там лишь делается необходимый уход за лесом, в частности, чтобы избежать катастрофических пожаров или массовой гибели деревьев от вредителей.

Принцип «огорода» в основе своей означает следующее:

- заранее известно, что будет выращиваться на каждом лесном участке;
- предусматриваются меры по восстановлению леса после рубок;
- прокладываются лесовозные дороги долгосрочного использования;
- все части срубленных деревьев используются и т. п.

Конечно, проведение подобных мероприятий обходится гораздо дороже, чем даже рубки, сертифицированные по стандарту FSC (Forest Stewardship Council – Лесной Попечительский Совет), регламентирующему, как ведётся рубка, но не регламентирующему все операции с лесом в течение десятков лет [6].

В настоящее время леса ещё помогают сдерживать потепление, поглощая из атмосферы часть антропогенных выбросов CO₂. Однако их возможности не безграничны, и при усилении потепления леса могут превратиться в дополнительный источник парниковых газов. Остаётся надеяться, что антропогенные изменения климата всё же будут остановлены раньше.

Переход на экологически устойчивое ведение лесного хозяйства – сложная и долгосрочная задача, которая на 2030 г. имеет «климатическую цену вопроса» порядка **200 млн т CO₂-экв. в год.**

2.5.2. Введение эффективных платежей за выбросы парниковых газов

В вышеперечисленных мерах отсутствует такой сектор, как промышленное производство, поскольку бизнес, как правило, сам

оперативно выбирает новые технологии, реагируя на введение соответствующих налоговых или прочих фискальных условий.

Во многих развитых странах уже введены платежи за выбросы парниковых газов, и как показывает опыт, это становится эффективным побуждающим средством внедрения новых технологий с низкими выбросами. При этом выбросы парниковых газов являются лишь удобным и легко проверяемым способом оценки степени внедрения новых технологий – способом, который объединяет разные предприятия и даже отрасли экономики в единую систему действий. В настоящее время в большинстве случаев климатический эффект от введения платежей вторичен, а модернизация экономики – первична. Но в этом есть и положительные моменты, ведь именно аргументация в виде технологического развития может подтолкнуть правительство к более активным действиям. Первые шаги уже сделаны – создана рабочая группа по исследованию целесообразности таких платежей. Очевидно, что в условиях российской действительности это не должен быть общий для всех налог на выбросы: платежи должны быть дифференцированы, следует поощрять новые технологии за счёт средств, собираемых с предприятий, продолжающих использовать старые технологии [6].

Эффект от введения платежей численно оценить достаточно сложно. По данным Института экономической политики им. Е.Т. Гайдара, введение прогрессивно возрастающих платежей (1700-2800 руб. за 1 т CO₂ с 2020 до 2050 гг.) снижает выбросы ПГ на 10-20 % от уровня 1990 г. (начальный период отсчёта – Киотский протокол).

На 2030 г. экологический эффект от введения платежей оценивается как **100-300 млн т CO₂-экв. в год**. Столь широкий диапазон объясняется сильной зависимостью от года введения платежей – чем раньше, тем эффект больше. Поэтому вопрос о быстрой разработке и внедрении эффективной системы платежей уже сейчас должен быть в сфере внимания правительства и общественности [6].

3. КОНЦЕПЦИЯ ПЕРЕХОДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию была представлена Правительством РФ и утверждена Указом Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г. [1]

Согласно Концепции подразумевается последовательное решение ряда принципиальных задач:

- в процессе выхода страны из нынешнего кризиса обеспечить стабилизацию экологической ситуации;
- добиться коренного улучшения состояния окружающей среды за счет экологизации экономической деятельности в рамках институциональных и структурных преобразований, позволяющих

обеспечить становление новой модели хозяйствования и широкое распространение экологически ориентированных методов управления;

- ввести хозяйственную деятельность в пределы емкости экосистем на основе массового внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий, целенаправленных изменений структуры экономики, структуры личного и общественного потребления.

Основными направлениями перехода России к устойчивому развитию являются:

- создание правовой основы перехода к устойчивому развитию, включая совершенствование действующего законодательства, определяющего, в частности, экономические механизмы регулирования природопользования и охраны окружающей среды;

- разработка системы стимулирования хозяйственной деятельности и установление пределов ответственности за ее экологические результаты, при которых биосфера воспринимается уже не только как поставщик ресурсов, а как фундамент жизни, сохранение которого должно быть неременным условием функционирования социально-экономической системы и ее отдельных элементов;

- оценка хозяйственной емкости локальных и региональных экосистем страны, определение допустимого антропогенного воздействия на них;

- формирование эффективной системы пропаганды идей устойчивого развития и создание соответствующей системы воспитания и обучения.

Переход к устойчивому развитию потребует скоординированных действий во всех сферах жизни общества, адекватной переориентации социальных, экономических и экологических институтов государства, регулирующая роль которого в таких преобразованиях является основополагающей. Важнейшее значение в создании методологической и технологической основы этих преобразований будет принадлежать науке.

В соответствии с принципами устойчивого развития, выработанными на Конференции ООН по окружающей среде и развитию и последующих международных форумах, должна предусматриваться реализация комплекса мер, направленных на сохранение жизни и здоровья человека, решение демографических проблем, борьбу с преступностью, искоренение бедности, изменение структуры потребления и уменьшение дифференциации в доходах населения [18].

Переход к устойчивому развитию предполагает строгое соблюдение ряда ограничений, следовать которым будет нелегко, особенно на начальных этапах. Это, в частности, осуществление хозяйственных мероприятий преимущественно на уже освоенных территориях и отказ от реализации любых проектов, которые наносят невосполнимый ущерб окружающей среде или экологические последствия которых недостаточно изучены.

Проблемы, решаемые в каждом регионе, в значительной степени должны соответствовать федеральным задачам, но при этом необходим учет местных особенностей, предусматривающий, в частности:

- формирование регионального хозяйственного механизма, регулирующего социально-экономическое развитие, в том числе природопользование и антропогенное воздействие на окружающую среду;
- выполнение природоохранных мероприятий на селитебных и незастроенных территориях городов, других населенных пунктов и в пригородных зонах, включая их санитарную очистку, рекультивацию земель, озеленение и благоустройство;
- осуществление мер по оздоровлению населения, развитию социальной инфраструктуры, обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия;
- развитие сельского хозяйства на основе экологически прогрессивных агротехнологий, адаптированных к местным условиям, реализация мер по повышению плодородия почв и их охране от эрозии и загрязнения, а также создание системы социальной защиты сельского населения;
- реконструкцию региональной промышленной системы с учетом хозяйственной емкости локальных экосистем.

На современном этапе перехода к устойчивому развитию создаются рамочные условия, обеспечивающие возможность сопряженного, внутренне сбалансированного функционирования триады – природа, население, хозяйство.

При этом механизмы разработки и принятия решений должны быть ориентированы на соответствующие приоритеты, учитывать последствия реализации этих решений в экономической, социальной, экологической сферах и предусматривать наиболее полную оценку затрат, выгод и рисков с соблюдением следующих критериев:

- никакая хозяйственная деятельность не может быть оправдана, если выгода от нее не превышает вызываемого ущерба;
- ущерб окружающей среде должен быть на столь низком уровне, какой только может быть разумно достигнут с учетом экономических и социальных факторов.

Для управления процессом перехода к устойчивому развитию и оценки эффективности используемых средств следует устанавливать целевые ориентиры и ограничения с обеспечением процедуры контроля за их достижением (соблюдением).

Целевые ориентиры могут быть выражены в показателях, характеризующих качество жизни, уровень экономического развития и экологического благополучия. Эти показатели должны отражать те уровни, при которых обеспечивается безопасное развитие России в экономическом, социальном, экологическом, оборонном и других аспектах.

Основные показатели качества жизни: продолжительность жизни человека (ожидаемая при рождении и фактическая), состояние его здоровья, отклонение состояния окружающей среды от нормативов, уровень знаний или образовательных навыков, доход (измеряемый валовым внутренним продуктом на душу населения), уровень занятости, степень реализации прав человека.

Приоритеты России в международном сотрудничестве по обеспечению устойчивого развития сводятся к следующему:

- организация международного партнерства по решению проблем перехода к устойчивому развитию;
- активное участие в международных научных программах по проблемам устойчивого развития и в разработке мер, способствующих нормализации антропогенного воздействия на биосферу;
- создание эффективных механизмов обеспечения межгосударственного экологического паритета при решении вопросов о трансграничном переносе вредных веществ;
- стимулирование поступления в Россию экологически ориентированных зарубежных инвестиций;
- обеспечение экологических интересов страны во внешнеэкономической деятельности [17].

Сам термин «устойчивое развитие» был введен в широкое употребление Международной комиссией по окружающей среде и развитию в 1987 г.: «Устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Оно включает в себя два ключевых понятия:

- понятие потребностей, в частности потребностей, необходимых для существования беднейших слоев населения, которые должны быть предметом первостепенного решения;
- понятие ограничений, обусловленных состоянием технологии и организацией общества, накладываемых на способность окружающей среды удовлетворять нынешние и будущие потребности».

В российскую информационную среду термин «устойчивое развитие» вошел в 1989 г. с переводом доклада комиссии «Наше общее будущее». Определение устойчивого развития принято большинством исследователей как наименее спорное из всех, однако, оно скорее отражает стратегическую цель, чем указывает конкретный путь для практических действий. Концепция устойчивого развития объединяет в себе три основных аспекта: экономический, социальный и экологический.

Экономическая составляющая подразумевает оптимальное использование ограниченных природных ресурсов и применение экологических природо-, энерго-, и материалосберегающих технологий, в том числе добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов.

Социальная составляющая устойчивости развития направлена на сохранение стабильности существующих социальных и культурных систем и сокращение числа разрушительных конфликтов между людьми. Важным аспектом такого подхода является справедливое распределение ресурсов и возможностей между всеми членами человеческого общества, сохранение культурного капитала. Некий гарантированный минимальный уровень жизни должен быть неотъемлемым правом любого человека. Развитием социальной составляющей концепции устойчивого развития стала идея соблюдения прав будущих поколений, поскольку природные ресурсы Земли являются общим наследием всего человечества, включая как ныне живущих, так и те поколения, которые придут нам на смену.

С экологической точки зрения, устойчивое развитие должно обеспечивать целостность и жизнеспособность биологических и физических природных систем, прежде всего тех, от которых зависит глобальная стабильность всей биосферы. Понятия природных систем и ареалов обитания можно понимать достаточно широко, включая в них созданную человеком среду – например, города. Основное внимание уделяется сохранению их способностей к изменениям и самовосстановлению.

Следует отметить, что устойчивое развитие – очень непростая тема, её интерпретация в ряде случаев подвергается жёсткой критике экспертов. Прежде всего, отмечается тот факт, что на данном этапе человечество не может обойтись без невозобновляемых природных ресурсов – нефти, газа, угля, металлов. Даже для того, чтобы задействовать альтернативные источники энергии, нам необходимо использовать эти ресурсы – и прежде всего для строительства объектов энергетики.

Во-вторых, концепция устойчивого развития входит в противоречие со стремлением людей к росту потребления и материального благополучия, в сочетании с резким экономическим неравенством – и между людьми, и между странами.

В-третьих, весьма болезненным остается аспект отношения к росту народонаселения Земли и демографической политике. Несомненно, рост населения не способствует сохранению природной среды и ресурсов, но попытка поставить под контроль его численность противоречит традиционным нормам нравственности, гуманизма, прав и свобод человека.

Таким образом, достижение устойчивого развития – процесс непростой, порой весьма болезненный, но, тем не менее, вполне реальный. Движение в этом направлении должно быть постепенным, осторожным и просчитанным. Уже сейчас в этом отношении делается немало: можно упомянуть разработку и внедрение ресурсосберегающих технологий и вторичной переработки отходов, освоение альтернативных источников энергии, попытки более справедливого распределения ресурсов и благ. В качестве примера продвижения к устойчивому развитию не на словах, а на деле можно привести опыт Стокгольма, где 83 % домов получают тепло, а 50 % автобусов – топливо из источников, альтернативных углеводородам.

Отдельного упоминания заслуживает и Фрайбург, «зеленая столица Германии», где активно развивается солнечная энергетика с установкой солнечных модулей на общественных и частных зданиях.

Но для достижения устойчивого развития самое главное, пожалуй – это смена ценностных установок, как на личном, так и на общественном уровне. Обеспечение устойчивого развития требует не только новых технологий и инвестиций, но прежде всего социальных новаций, смены приоритетов и целей развития цивилизации, готовности отказаться от сиюминутной выгоды ради будущих поколений [17].

4. ПОСЛЕСЛОВИЕ

В заключение хотелось бы изложить точку зрения, отличную от общепринятых представлений. Речь идёт о статье Юрия Юдкевича (ЗАО «Лонас-Технология») «Биоэнергетика. Реалии и мифотворчество» [15]. Автор излагает свою позицию в отношении изменения климата, глобального потепления, тенденций развития энергетики, в частности, возобновляемых источников энергии. Точка зрения спорная, поэтому мы её не будем комментировать, а лишь приведём несколько цитат. В конце концов, каждый имеет право на своё суждение. Тем более, что с некоторыми моментами нельзя не согласиться.

«Европа стремится ослабить зависимость от российских нефти и газа. Это и было главной причиной формирования идеологии перехода к возобновляемым видам топлива. Сказать об этом напрямую было бы некорректно. Подоспела теория глобального потепления и влияния на него «парниковых газов».

Заметим, что самый факт потепления, а не похолодания не доказан. Что, если весь объём добываемых на земном шаре горючих ископаемых превратится в углекислый газ (значительная часть ископаемых идет в органический синтез), то приращение массы углекислоты составит менее одной десятичной от свободной углекислоты, уже имеющейся в природе. Что роль именно углекислого газа в процессах изменения климата не доказана. Так что фундамент Киотского протокола весьма зыбок. Но Киотским протоколом определено, что сжигание возобновляемых видов топлива не наносит ущерб окружающей среде, ибо несожжённые, но погибшие растения разлагаются при гниении и углекислый газ высвобождается. Многие страны, ссылаясь на положения этого протокола, приняли законы, поощряющие использование возобновляемого топлива, что было выгодно для производителей оборудования по изготовлению пеллет. Производство пеллет вначале представлялось как использование опилок и других мелких отходов. Но то количество отходов, которое образовывалось в результате работы нескольких соседних деревообрабатывающих предприятий, не позволяло организовать экономически эффективное производство. Сегодня используют стволую древесину, которую дробят и

перемалывают в древесную муку, из которой и делают пеллеты, т.е. на разрушение кускового материала тратят энергию, а. затем еще раз тратят энергию на создание твердого материала. Это отчасти оправдано с позиций логистики. Пеллеты более плотные, чем, например, щепа, и их выгоднее перевозить на большие расстояния» [15].

«А спрос на пеллеты в Европе будет зависеть и от мировых цен на нефть, и от успехов России по прокладке в Европу новых газопроводов, и от погодных условий, и от конкуренции со стороны производителей других видов топлива. Планируя продвижение этой продукции на внутренний рынок, не следует забывать, что российские власти декларировали намеренье осуществить повсеместную газификацию» [15].

«Такие способы получения энергии, как ветряки, солнечные батареи, приливные станции оказываются дороже и сложнее в обслуживании, чем традиционные. Доводы разработчиков основаны на той же борьбе с глобальным потеплением. Но изготовление этих сложных устройств требует значительных затрат энергии, и используются отнюдь не экологически корректные материалы. Например, для производства поликристаллического кремния, необходимого для солнечных батарей, требуется хлор или фтор. А в изготовлении фотоэлементов используется фосфор. Но крупные производители соответствующей техники провели через Европарламент законы, по которым члены ЕС обязаны внедрять у себя это оборудование ради исполнения протокола Киото» [15].

«Еще одно активно обсуждаемое направление развития возобновляемых видов топлива – производство «бионефти». Большая часть разработок направлена на получение жидкого горючего из растительных масел. Этично ли превращать пищу в топливо в условиях массового голода во многих развивающихся странах (по данным ВОЗ каждые 6 секунд один человек умирает от голода). Мировые цены на продовольствие растут, в том числе из-за его использования для технических целей. Скачок цен на растительные масла в России объясняли как раз использованием части их объемов в качестве топлива. При этом пока в Европе «бионефть» составляет немногим более 2 % от всего количества потребляемого моторного топлива. «Бионефть» из растительных масел заведомо дороже нефтепродуктов» [16].

«Получение жидкого топлива из древесины термическими методами не вышло за пределы лабораторий. Но предприимчивые заграничные дельцы активно пропагандируют так называемую технологию «скоростного пиролиза». Термин «скоростной пиролиз» спекулятивен и ненаучен. Но неосведомленные инвесторы покупаются на эту «заграничную штучку». Сегодня специалистам ясно, что, будь такое топливо получено, оно будет многократно дороже горючего из нефтепродуктов» [15].

«В последние годы ведется много разговоров вокруг газификации древесины. Процесс газификации древесной щепы не вызывает затруднений. Хорошо отработаны технологии и прямого, и обратного, и полуобратного процессов. Реакции, протекающие при этом, гидравлика,

теплообмен, кинетика освещены во множестве диссертаций. Изобретать «новый» газогенератор не более продуктивно, чем изобретать новое колесо для телеги. Грамотный путь состоит в расчете процессов и проектировании оборудования с опорой на уже накопленные знания. Но создание именно «своей» конструкции у нас стало модой или превратилось в способ привлечь клиентуру. Встречаются сообщения о создании генератора, питающего производимым им газом тот или иной двигатель. Но при газификации образуются жидкие продукты термораспада древесины. Они содержат воду, фенолы, кислоты, эфиры, метанол. Куда все это девать? Просто вылить нельзя. А сжигать невыгодно – на это уйдет не меньшее количество тепла, чем-то, что дает сам газ. Даже при самой полной очистке в газе все еще остаются кислоты, поэтому двигатель, который будет работать на нем, надо делать из кислотостойких материалов. Единственное достойное применение для продуктов газификации древесины – сжигать их в котельной без конденсации. Но тогда возникает вопрос – а не дешевле ли реконструировать котельную под щепу, например, превратить ее топку в топку-генератор, как предложил еще полвека назад В.В. Померанцев» [15].

«За последние десятилетия сложилась плохая традиция. Российские инвесторы ищут новую технику и технологии исключительно за рубежом. В России действительно наметилось отставание научной мысли и особенно ее реализации за период после развала системы НИИ, обескровливания вузов. Но в качестве зарубежных новинок часто в Россию везут или откровенно шарлатанские и слабые разработки, или давно известные, созданные отечественными учеными во второй половине прошлого века. К сожалению, многие разработки не были доведены до массового промышленного внедрения, и зарубежные фирмы выигрывают на том, что могут показать, предложить и поставить готовые образцы» [15].

С последним высказыванием трудно не согласиться. Как говорил известный персонаж российского (советского) кинематографа устами неповторимого Павла Луспекаева: «За державу обидно»...

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Тенденции развития энергетики в мире и в России.
2. Сценарии развития энергетики в XXI в.
3. Возобновляемые источники энергии.
4. Биоэнергетика. Основные направления и перспективы развития.
5. Ветроэнергетика. Преимущества и недостатки. Оффшорные ВЭС.
6. Солнечная энергетика. Перспективы использования энергии Солнца для выработки электроэнергии и теплоснабжения.
7. Геотермальная энергетика. Преимущества и недостатки. Тепловые насосы. Технология Hot Dry Rock.
8. Альтернативные виды моторного топлива (биогаз, диметилэфир, водород).
9. Экология в энергетике. Киотский протокол.
10. Парниковый эффект. Парниковые газы. CO₂ эквивалент.
11. Энергосбережение и снижение выбросов парниковых газов.
12. Мероприятия по повышению энергоэффективности зданий.
13. Капитальный ремонт жилых зданий.
14. Теплоизоляция существующих жилых зданий.
15. Установка приборов учёта и регулирования теплоты и горячего водоснабжения в жилых зданиях.
16. Введение более строгих строительных норм для новых жилых зданий.
17. Улучшение термоизоляции и модернизация существующих нежилых зданий.
18. Строительство более энергоэффективных новых нежилых зданий.
19. Использование современных энергоэффективных систем освещения.
20. Использование современной бытовой и офисной техники.
21. Меры по повышению энергоэффективности в секторе энергетики.
22. Модернизация энергетического хозяйства, снижение потерь в тепловых сетях и ЛЭП.
23. Сокращение объёмов сжигания нефтяного газа в факелах.
24. Снижение утечек метана в газотранспортной системе.
25. Повышение энергоэффективности за счёт ускоренного развития возобновляемых источников энергии.
26. Повышение эффективности транспортной системы.
27. Использование более экономичных и экологически чистых автомобилей. Гибридные автомобили.
28. Мероприятия по повышению энергоэффективности в секторе обращения с отходами. Раздельный сбор отходов и их утилизация.
29. Долгосрочные перспективные мероприятия по энергосбережению. Переход к экономически устойчивому лесному хозяйству. Борьба с лесными пожарами. Квалифицированная рубка леса.
30. Долгосрочные перспективные мероприятия по энергосбережению. Введение эффективных платежей за выбросы парниковых газов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЁТУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Выбросы парниковых газов предприятиями энергетики являются определяющими в национальном кадастре выбросов любой страны. Учёт выбросов ПГ предприятиями энергетики должен быть особенно тщательным, а неопределенность в оценках – минимальной.

В зависимости от полноты информации возможна оценка (расчёт) выбросов ПГ на трёх уровнях. Чем больше информации о применяемой технологии сжигания топлива, тем выше может быть уровень оценки [14].

Уровень 1. Если известны *только вид топлива и годовое потребление*, то расчеты возможны только на уровне 1. При этом необходимо будет пользоваться коэффициентами выбросов ПГ на единицу сожжённого топлива, полученными для Европы и США, так называемыми коэффициентами выбросов «по умолчанию», которые приведены в табл. 2 (CO_2) и табл. 3 (CH_4 и N_2O).

Уровень 2. При наличии национальных данных об удельных коэффициентах выбросов для данных источников, вида топлива и содержания углерода в используемых видах топлива, расчёты можно выполнить на уровне 2. В этом случае коэффициенты выбросов ПГ «по умолчанию» для уровня 1 заменяются на конкретные, полученные для данной страны коэффициенты выбросов. Такие коэффициенты могут быть рассчитаны на основе конкретных данных для страны, таких как: содержание углерода в топливе, состояние технологии сжигания, полнота сгорания (оставшийся в золе углерод), – которые тоже могут меняться со временем. Эффективная практика заключается в том, чтобы удельные коэффициенты выбросов для страны сравнивались с коэффициентами «по умолчанию». Различие должно быть небольшим – около 5 %. Однако такое сравнение выполняют соответствующие НИИ страны. Задача предприятия – воспользоваться национальными коэффициентами, если они есть.

Уровень 3. Наиболее предпочтительный, как дающий минимальные погрешности, возможен при наличии следующих данных:

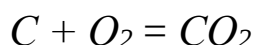
- информация о качестве используемого топлива;
- технология сжигания;
- условия эксплуатации;
- технологии контроля за процессами сжигания;
- качество технического обслуживания;
- возраст оборудования, используемого для сжигания топлива.

Всё это учитывается путем разбивки всей процедуры потребления топлива на однообразные по режиму работы и типу топлива участки и использования для каждого из них своих удельных коэффициентов выбросов. Это особенно важно при оценке выбросов CH_4 и N_2O . Коэффициенты выбросов двуокиси углерода (CO_2) зависят от перечисленных выше факторов в меньшей степени, поскольку выбросы CO_2 почти не зависят

от технологии сжигания. Соответственно и использование уровня 3 для его расчётов не требуется.

Непрерывный мониторинг технологии сжигания необходим для точной оценки выбросов CH_4 и N_2O . Особенно он оправдан при сжигании твердого топлива, а также в тех случаях, когда топливо отличается заметным разнообразием своих характеристик.

Расчёт выбросов углекислого газа (CO_2) для *твёрдого* и *жидкого* топлива базируется на уравнении окисления углерода:



или в молярных массах:

$$12 + 2 \times 16 = 12 + 16 \times 2 = 44.$$

Таким образом, при окислении 12 молей углерода образуется 44 моля диоксида углерода, т.е. на каждую тонну сгораемого углерода приходится $\frac{44}{12} \approx 3,67$ т выбросов CO_2 , или коэффициент (степень) полного окисления углерода $k_{CO_2} = 3,67$ т CO_2 /т С.

Несколько сложнее рассчитать выбросы других парниковых газов CH_4 и N_2O . Удельное количество выбросов каждого из них определяется особенностями технологического процесса сжигания: температурой сгорания и её распределением по объёму топки (камеры сгорания), количеством подаваемого воздуха и т.д. Однако технологические процессы тепловых станций и крупных котельных, как правило, характеризуются высокой стабильностью.

Расчет выбросов CO_2

При расчётах на *уровне 1* выбросы CO_2 составят:

$$\dot{I}_{\tilde{N}_2} = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot Q_i^r \cdot k_{Ci} \cdot k_{CO_2}), \text{ т/год} \quad (1)$$

где B_i – годовой расход топлива, тыс. т/год;

Q_i^r – теплота сгорания топлива, ТДж/тыс. т (МДж/кг);

k_{Ci} – удельный коэффициент эмиссии углерода для i -го вида топлива, т С/ТДж (см. табл. 2);

$k_{CO_2} = 3,67$ – коэффициент (степень) полного окисления углерода до образования углекислого газа, т CO_2 /т С;

n – количество видов сжигаемого топлива.

Выбросы других парниковых газов

Выбросы CH_4 и N_2O рассчитываются аналогично, при этом на уровне 1 удельные коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O берутся из табл. 3 «по умолчанию». Однако выбросы CH_4 и N_2O сильно зависят от технологии сжигания топлива, поэтому желательно использовать дополнительную информацию, чтобы выполнить расчеты на уровне 2.

$$M_{CH_4} = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot Q_i^r \cdot k_{CH_4}), \quad (2)$$

$$M_{N_2O} = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot Q_i^r \cdot k_{N_2O}), \quad (3)$$

где k_{CH_4} , k_{N_2O} – удельные коэффициенты выбросов, кг/ТДж.

Эффективная практика для этого уровня заключается в получении, а затем в использовании для конкретных технологий сжигания своих удельных коэффициентов выбросов, которые должны разрабатываться в рамках национальных программ или в рамках региональных исследований.

Пример расчёта

В котельной в год сжигается 32 тыс. т бурого угля с теплотой сгорания $Q_i^r = 19,64$ МДж/кг и 1700 т мазута.

Определить выбросы парниковых газов CO_2 , CH_4 и N_2O .

Расчёт

Поскольку никаких данных о режиме сжигания топлива нет, кроме его количества, то расчёты придётся выполнять на уровне 1.

1. Выбросы CO_2

Выбросы CO_2 от сжигания угля:

$$\dot{I}_{\tilde{N}_2}^{\text{óâîëü}} = 32 \cdot 19,64 \cdot 25,15 \cdot 3,67 = 58,01 \cdot 10^3 \text{ ò } \tilde{N}_2.$$

Выбросы CO_2 от сжигания мазута:

$$\dot{I}_{\tilde{N}_2}^{\text{ìàçóð}} = 1,7 \cdot 41,15 \cdot 20,84 \cdot 3,67 = 5,35 \cdot 10^3 \text{ ò } \tilde{N}_2.$$

Суммарные выбросы CO_2 котельной:

$$\dot{I}_{\tilde{N}_2} = 58,01 + 5,35 = 63,36 \text{ тыс. т.}$$

2. Выбросы CH_4 и N_2O

Выбросы от сжигания угля

$$\dot{I}_{\tilde{N}_4}^{\text{от сжигания}} = 32 \cdot 19,64 \cdot 0,001 = 0,63 \text{ т } \tilde{N}_4;$$

$$\dot{I}_{N_2O}^{\text{от сжигания}} = 32 \cdot 19,64 \cdot 0,0007 = 0,44 \text{ т } N_2O.$$

Выбросы от сжигания мазута

$$\dot{I}_{\tilde{N}_4}^{\text{от сжигания}} = 1,7 \cdot 41,5 \cdot 0,003 = 0,21 \text{ т } \tilde{N}_4;$$

$$\dot{I}_{N_2O}^{\text{от сжигания}} = 1,7 \cdot 41,5 \cdot 0,0006 = 0,04 \text{ т } N_2O.$$

Суммарные выбросы CH_4 :

$$\dot{I}_{\tilde{N}_4} = 0,63 + 0,21 = 0,84 \text{ т } \tilde{N}_4.$$

Суммарные выбросы N_2O :

$$\dot{I}_{N_2O} = 0,44 + 0,04 = 0,48 \text{ т } N_2O.$$

Суммарные годовые выбросы от котельной по отдельным парниковым газам составят:

$$CO_2 - 63360 \text{ т}; \quad CH_4 - 0,84 \text{ т}; \quad N_2O - 0,48 \text{ т}.$$

Для перевода полученных данных на CO_2 -эквивалент необходимо выбросы метана и закиси азота умножить на соответствующие потенциалы глобального потепления (для CH_4 – 21, для N_2O – 310).

Таким образом, суммарные выбросы парниковых газов:

$$M_{\text{ПГ}} = 63360 + 0,84 \cdot 21 + 0,48 \cdot 310 = 63526 \text{ т } CO_2\text{-экв.}$$

При известном содержании углерода выбросы CO_2 определяются как

$$\dot{I}_{\tilde{N}_2} = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot k_{CO_2} \cdot \frac{\tilde{N}^r}{100}) = 0,0367 \sum_{i=1}^n (B_i \cdot C^r),$$

где C^r – содержание углерода, %.

Таблица 2

Теплота сгорания и коэффициенты эмиссии углерода
для различных видов топлива

Категория топлива МГЭИК	Теплота сгорания, Q_i^r	Коэффициент эмиссии углерода, k_c
	ТДж/тыс. т	т С/ТДж
Сырая нефть	40,12	20,31
Бензин	44,21	19,13
Керосин авиационный	43,32	19,78
Прочий керосин	44,75	19,60
Дизельное топливо	43,02	19,98
Топочный мазут	41,15	20,84
Сжиженный нефтяной газ	47,31	17,20
Нефтебитум	40,19	22
Смазочные материалы	40,19	20
Нефтяной кокс	31,0	27,5
Коксующийся уголь	24,01	24,89
Полубитуминозный уголь	17,62	25,58
Лигнит	15,73	25,15
Кокс	25,12	29,5
Коксовый газ	16,73	13
Доменный газ	4,19	69
Газ природный	34,78	15,04
Твёрдая биомасса	10,22	29,48

Оценка неопределённостей

Оценки неопределенностей при расчетах выбросов CO_2 относительно невелики, если правильно рассчитан расход топлива. Именно количество сожжённого топлива является источником неопределённостей. Поэтому требуется постоянный учёт, особенно, если часть топлива импортируется.

Нефтепродукты по своим характеристикам укладываются в узкий диапазон, поэтому, несмотря на их неоднородности, неопределённости в оценке выбросов CO_2 невелики. Уголь может быть бóльшим источником неопределенностей, чем нефть или газ, поскольку содержание углерода в нём может сильно меняться.

Удельные коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O (см. табл. 3) являются менее определёнными. Их величины, в зависимости от технологии сжигания, могут колебаться на $\pm 50\%$ и с трудом подвергаются учёту.

В сумме неопределённости в выбросах CO_2 , с учётом всех факторов, находятся в пределах 10% , в то время как неопределённости в выбросах CH_4 и N_2O могут составлять до 50% от расчётов «по умолчанию». Снижение неопределённостей может быть достигнуто участием экспертов и научными исследованиями, сопровождающимися замерах выбросов CH_4 и N_2O при разных режимах работы котлов.

Таблица 3

Коэффициенты выбросов из промышленных источников

Технология сжигания топлива	Коэффициенты выбросов, кг/ТДж	
	CH_4	N_2O
Жидкое топливо		
Котлы – мазут	3	0,6
Котлы – дизельное топливо (газойль)	0,2	0,4
Большие стационарные дизель-генераторы (>450 кВт)	4	-
Котлы на сжиженном нефтяном газе	0,9	4
Твёрдое топливо		
Слоевое сжигание – уголь	1-1,4	0,7
Пылеугольные котлы – твёрдое шлакоудаление	0,7	0,5
Тангенциальное сжигание	0,7	1,4
Пылеугольные котлы – жидкое шлакоудаление	0,9	1,4
Кипящий слой	1	61
Природный газ		
Котлы	1	1
Газовые турбины $N > 3$ МВт	4	1
Поршневые двигатели – 2-тактные, обеднённая смесь	693	-
– 4-тактные, обеднённая смесь	597	-
– 4-тактные, обогащённая смесь	110	-
Биомасса – котлы на древесных отходах	11	7

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. <http://docs.cntd.ru>.
2. Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики». <http://minenergo.gov.ru>
3. Башмаков И.А., Папушкин В.Н. Муниципальное энергетическое планирование // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». № 2. 2010. <http://esco-ecosys.ru>
4. Замолодчиков Д.Г. Кислород – основа жизни // Вестник Российской Академии Наук. Проблемы экологии. 2006. Т. 76. № 3.
5. Замолодчиков Д.Г. Леса и климат. Изменение климата. – Архангельск, 2013.
6. Кокорин А.О., Федоров А.В., Сенова О.Н., Чупров В.А. Меры по снижению в России выбросов парниковых газов и приоритеты работы российских неправительственных организаций. – М., 2012. WWF России.
7. Коржубаев А.Г., Ламерт Д.А., Эдер Л.В. Проблемы и перспективы использования попутного газа в России // Бурение и нефть, 2012. № 4. <http://burneft.ru/archive/issues/2012-04>
8. Круглик В.М., Сычев Н.Г. Основы энергосбережения: учебное пособие для студентов экономических специальностей. – Минск: ИПД, 2010. – 138 с.
9. Мировые тенденции в потреблении энергии. <http://www.econews.uz>
10. Основные парниковые газы. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет, 2008. <http://climate2008.igce.ru>
11. Пассивный дом. <http://ru.wikipedia.org>
12. Тенденции развития возобновляемой энергетики, 2012. <http://www.elec.ru>
13. Энергоэффективная Россия. Пути снижения энергоемкости выбросов парниковых газов. McKinsey & Company, 2009, <http://energoserber.info>
14. Методические указания по расчёту выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных. Астана, 2010. <http://eco.gov.kz>
15. Юдкевич Ю. Биоэнергетика. Реалии и мифотворчество. ЗАО «Лонас-Технология», 2012. <http://www.infobio.ru>
16. Изменение климата и возможности низкоуглеродной энергетики в России. – М.: РСоЭС, 2012.
17. Синицына Е. Концепция устойчивого развития. <http://cloudwatcher.ru>
18. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. 3–14 июня 1992 // http://www.un.org/ru/documents/decl_
19. МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г. Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвёртый доклад об оценке

Межправительственной группы экспертов по изменению климата [Пачаури Р.К, Райзингер А. и основная группа авторов (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария.– 104 с.

20. Ё-мобиль. <http://gizmod.ru>

Редактор и корректор Н.П.Новикова

Техн. редактор Л.Я.Титова

Темплан 2014, поз. 26

Подп. к печати 16.06.2014 Формат 60×84/16.

Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. 3,25 уч.-изд.л.; 3,25 усл.печ.л.

Тираж 100 экз. Изд. № 26. Цена «С». Заказ

Ризограф Санкт-Петербургского государственного технологического
университета растительных полимеров, 198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.